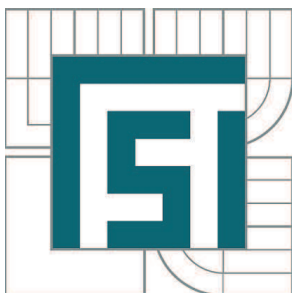


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

NÁVRH ROBOTICKÉHO PRACOVISTĚ PRO MAZÁNÍ KOMPONENT

DESIGN OF A ROBOTIC CELL FOR LUBRICATION APPLICATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ROSTISLAV DLOUHÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ALEŠ POCHYLÝ

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Rostislav Dlouhý

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh robotického pracoviště pro mazání komponent

v anglickém jazyce:

Design of a Robotic Cell for Lubrication Application

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je návrh obecné koncepce pracoviště, resp. rozmístění dílčích systémů (návrh layoutu) s ohledem na danou technologii mazání komponent.

Dílčím cílem je pak podrobnější řešení a návrh robotické části pracoviště - výběr robotu, umístění robotu v buňce a návrh koncového efektoru pro manipulaci s objekty.

Cílem je dále řešení dalších dílčích systémů v rámci pracoviště (otočné stoly apod.). Nedílnou součástí je rovněž řešení bezpečnosti pracoviště z pohledu aktuálně platné legislativy a bezpečnostních norem.

Součástí práce je i ekonomické zhodnocení navrhované koncepce řešení.

Cíle diplomové práce:

1. Návrh koncepce pracoviště pro mazání daných komponent.
2. Výběr robotu a dalších prvků a jejich umístění v rámci pracoviště včetně návrhu koncového efektoru pro manipulaci s danými objekty.
3. Řešení dalších dílčích systémů v rámci pracoviště (otočné stoly apod.).
4. Návrh koncepce řešení bezpečnosti celého pracoviště a výběr vhodných bezpečnostních systémů.
5. Ekonomické zhodnocení navrženého řešení.

Seznam odborné literatury:

1. SICILIANO, B. KHATIB, O. Springer Handbook of Robotics. Springer-Verlag New York, Inc., 2008. 1611 s. ISBN 978-3-540-23957-4
2. PIRES, J. N. Industrial Robots Programming: Building Applications for the Factories of the Future. Springer, 2008. 282 s. ISBN 978-0-387-23325-3
3. NOF, S. Y. Springer Handbook of Automation. Springer, 2009. 1812 s. ISBN 978-3-540-78830-0
4. MONKMAN, G. J., HESSE, S., STEINMANN, R. SCHUNK, H. Robot Grippers. Wiley-VCH Verlag, 2007. 463 s. ISBN 978-3527406197

Vedoucí diplomové práce: Ing. Aleš Pochylý

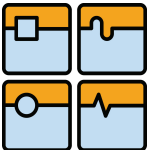
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 8.11.2011

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem robotického pracoviště pro konkrétní aplikaci, kterou je mazání komponent. Je zde navrženo kompletní robotické pracoviště včetně vstupních a výstupních zařízení. Jeho jednotlivé prvky jsou dále popsány. Zadání vychází z potřeb průmyslu a navržené pracoviště nahrazuje manuální práci. Původní technologie je nahrazena automatickým řešením.

Celé pracoviště je řešeno s ohledem na bezpečnost. Jsou zde použity mechanické i elektronické bezpečnostní prvky. V práci je zahrnuto ekonomické zhodnocení celého pracoviště včetně odhadu návratnosti investice.

Klíčová slova

robot, robotické pracoviště, koncový efektor, mazání komponent, nanášení maziva

Abstract

This thesis deals with a robotic workstation for the specific application which is lubrication of components. There is designed a complete robotic cell including input and output devices. Its particular features are described. The task is based on the industry requirements and the projected workplace is replaced by manual labor. The original technology is replaced by an automatic solution.

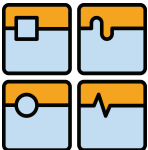
The whole workstation is designed with security in mind. They are used mechanical and electronic security features. The thesis contains economic evaluation of the workplace, including estimated payback period.

Keywords

robot, robotic cell, end effector, lubrication of components, greasing of lubricant

Bibliografická citace

DLOUHÝ, R. *Návrh robotického pracoviště pro mazání komponent*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 48 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Aleš Pochylý.

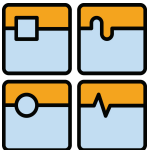
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci *Návrh robotického pracoviště pro mazání komponent* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Aleše Pochylého a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 22. května 2012

vlastnoruční podpis autora

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Poděkování

Děkuji tímto firmě SKM Litomyšl, především Ing. Lukáši Kubíčkoví, za vytvoření zadání diplomové práce a za rady během návrhu stroje. Dále také děkuji dílenským pracovníkům, se kterými jsem konzultoval vyrobiteľnost a funkčnost strojních součástí.

Dále děkuji Ing. Aleši Pochylému za cenné připomínky a rady během vedení mé diplomové práce.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu během studia a tvorby diplomové práce.

Obsah

1 Úvod	3
1.1 Cíle diplomové práce	3
1.2 Barevné rozlišení navrhovaných součástí	3
2 Popis problému	4
2.1 Použití	4
2.2 Tvary a varianty krytek	4
2.3 Mazání a mazací body	4
2.4 Stávající situace	5
2.5 Požadavky zákazníka na pracoviště	5
3 Návrh koncepce pracoviště	6
3.1 Možnosti uspořádání pracoviště	6
3.1.1 Pracoviště s ručním ustavením krytky do šablony	7
3.1.2 Pracoviště s ustavením krytky pomocí pevné šablony	8
3.1.3 Pracoviště s ustavením krytky v čelistech	8
3.1.4 Pracoviště s ustavením krytky v čelistech a paletizací manipulátorem	9
3.1.5 Pracoviště s ustavením krytky na přísavkové desce	10
3.1.6 Pracoviště s pevným mazacím ventilem	10
3.1.7 Pracoviště se zajištěním krytky pomocí přilnavého pásu	11
3.2 Výběr vhodné varianty	12
3.2.1 Rozšířené zadání pro zvolenou koncepci	12
4 Konstrukce robotického pracoviště	13
4.1 Popis pracoviště	13
4.2 Činnost pracoviště	13
4.3 Obsluha stroje	13
5 Konstrukční celky pracoviště	14
5.1 Nosný rám	14
5.2 Vibrační zásobník	15
5.2.1 Kruhové vibrační dopravníky	15
5.2.2 Předzásobník	16
5.3 Pásový dopravník	17
5.3.1 Dopravníkový pás	17
5.3.2 Pohon	18
5.3.3 Senzory	18
5.4 Kamera	19
5.4.1 Objektiv	19

5.4.2 Osvětlení.....	20
5.5 Koncový efektor	21
5.5.1 Přísavky	21
5.5.2 Ejektor.....	22
5.6 Robot	23
5.7 Mazací soustava	25
5.7.1 Mazivo	25
5.7.2 Technologie mazání.....	26
5.7.3 Dopravní sudové čerpadlo	27
5.7.4 Regulátor tlaku a objemový čítač	27
5.7.5 Dávkovací ventil.....	28
5.7.6 Kanyla	28
5.7.7 Provedení mazání na stroji	29
5.8 Výměna přepravek.....	30
5.8.1 Přepravka.....	30
5.8.2 Vstupní a výstupní dopravník.....	31
5.8.3 Přesouvač.....	32
5.9 Manipulátor prokladů	34
5.9.1 Proklad.....	34
5.9.2 Podtlakové prvky.....	35
5.9.3 Pneumatické válce.....	36
5.9.4 Doplnění prokladů do zásobníku.....	37
5.10 Krytování.....	38
5.11 Řídicí systém robotické buňky	39
6 Bezpečnost pracoviště	40
7 Ekonomické zhodnocení	41
7.1 Výrobní čas stroje	41
7.2 Náklady na pracoviště.....	42
7.3 Návratnost investice.....	43
8 Závěr.....	44
9 Seznam obrázků	45
10 Seznam tabulek,	46
11 Použitá literatura	47
11.1 Použité technické normy	47
12 Seznam příloh	48

1 Úvod

Nasazení průmyslového robotu přináší pro firmu značné výhody, především zvýšení výrobnosti a výrobní přesnosti. V některých případech i úsporu nákladů a snížení nároků na odbornost zaměstnanců. V oblasti automobilového průmyslu jsou nároky na kvalitu a množství výroby velmi vysoké a nasazení průmyslových robotů je zde téměř nutností.

Tato diplomová práce je zadána jako studie bezobslužného pracoviště pro mazání komponent. Cílová firma je dodavatelem pro automobilový průmysl (vyrábí bezpečnostní pásy) a chystá se rozšířit výrobu. Hlavním důvodem pro automatizaci výroby je zvýšení kvality, dále pak zvýšení produkce a úspora pracovních sil.

Navržené robotické pracoviště by mělo nahradit stávající ruční způsob mazání. Dle přání zákazníka již bylo navrženo a vyrobeno robotické pracoviště s obsluhou. Úkolem této diplomové práce je vypracovat studii plně automatického pracoviště stejných parametrů. Obě varianty byly vypracovávány souběžně, a proto zde není řešeno rozšíření původního pracoviště na automatický provoz.

1.1 Cíle diplomové práce

Cílem práce je návrh obecné koncepce pracoviště, resp. rozmístění dílčích systémů (návrh dispozice) s ohledem na danou technologii mazání komponent. Dílčím cílem je podrobnější řešení a návrh robotické části pracoviště včetně výběru robotu, jeho umístění v buňce a návrh koncového efektoru pro manipulaci s objekty.








Cílem je dále řešení dalších dílčích systémů v rámci pracoviště. Nedílnou součástí je rovněž řešení bezpečnosti pracoviště z pohledu aktuálně platné legislativy a bezpečnostních norem. Součástí práce je i ekonomické zhodnocení navrhované koncepce řešení.

Shrnutí cílů práce:


- Návrh obecné koncepce pracoviště pro mazání daných komponent.
- Výběr robotu a dalších prvků a jejich umístění v rámci pracoviště.
- Řešení dalších dílčích systémů v rámci pracoviště.
- Návrh koncepce řešení bezpečnosti celého pracoviště a výběr vhodných bezpečnostních systémů.
- Ekonomické zhodnocení navrženého řešení.

1.2 Barevné rozlišení navrhovaných součástí

Pro potřeby návrhu a lepší přehlednosti 3D modelu, je zde zvoleno barevné odlišení použitých materiálů dle následujícího klíče:

	modrá	– konstrukční ocel
	zelená	– svařenec (ocel konstrukční i nerezová)
	světle šedá	– hliník
	tmavě šedá	– nerezová ocel
	fialová	– plasty a pryže
	žlutá	– nakupované díly
	červená	– závit, řezy, převzaté prvky a pomocná tělesa

V některých případech jsou použity pro nakupované díly barvy podle materiálu, ze kterého jsou tyto díly vyrobeny. To slouží k lepší přehlednosti, především tam, kde je nakupovaných dílů větší množství nebo jsou tyto díly použity jako polotovary pro obrábění.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 4
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

2 Popis problému

2.1 Použití

Mazaná komponenta je součástí navijáku bezpečnostního pásu pro osobní automobily. Je uchycena na boční straně navijáku a slouží jako jeho krytka. Krytka má bílou barvu a na obrázku č. 1 je jasně vidět uprostřed. V krytce jsou uložena různá pohyblivá vedení, ozubená kola, západky a osy. Aby byl zajištěn hladký chod všech mechanismů s minimálním třením a hlučností, musí být třecí plochy správně promazány.



Obr. č. 1 Naviják bezpečnostního pásu.

2.2 Tvary a varianty krytek

Navržený stroj musí umět zpracovávat dva druhy krytek, z nichž každá má několik verzí vstřikovací formy, jejich montážní výkresy jsou uvedeny v přílohách číslo 01 a 02. Ke každé verzi formy je i zrcadlová varianta (pravé a levé krytky). Stroj tedy musí umět zpracovat celkem čtrnáct variant výrobku. Některé z krytek jsou vyobrazeny na obrázku Obr. č. 2.

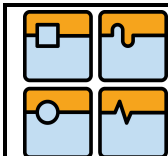
Všechny krytky jsou plastové a mají podobné rozměry, je možné je uzavřít do obalu o velikosti 76 x 45 x 22 mm. Do budoucna je plánováno rozšíření stroje na více druhů krytek podobných rozměrů.

2.3 Mazání a mazací body

Samotné mazání probíhá v předmontáži, kdy je na krytku v daných bodech nanášeno určené množství maziva. Při následné montáži již není třeba dále součásti mazat, pouze se zkompletuje sestava navijáku.

Na krytkách je různý počet mazacích míst, podle druhu výrobku, od jednoho až po čtyři body. Na obrázku č. 2 jsou mazací místa naznačena černou tečkou. Přesné určení místa a velikosti jednotlivých dávek maziva je uvedeno ve výkresech sestavy jednotlivých krytek, přílohy číslo 01 a 02. Velikost dávky maziva je na všech místech $5 \text{ mg} \pm 2 \text{ mg}$ maziva.

V některých místech je potřeba dávkovat mazivo pod prostorovým úhlem. Proto je 2D koncepce nedostačující a je potřeba použít pro dávkování šestiosý robot, který se pohybuje v prostoru. Stejně tak není možné mazat více krytek najednou.



Obr. č. 2 Krytky a jejich mazací místa.

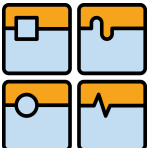
2.4 Stávající situace

V současné době, před automatizací výroby, jsou krytky mazány ručně pomocí injekční stříkačky. Pro tuto práci je ve firmě zaměstnáno 6 pracovníků, kteří namažou přibližně 1 500 000 krytek za rok.

Ruční způsob mazání má několik nevýhod, nelze dostatečně přesně odměřit velikost mazací dávky. Také se může stát, že nebude dodržena pozice mazacího bodu, nebo dojde dokonce k vynechání mazací dávky. Může dojít k potřísnění mazivem na jiných místech, než je určeno. V neposlední řadě může dojít k poškození součásti během manipulace. Všechny tyto nevýhody bude navržené pracoviště eliminovat, dále musí splňovat požadavky zákazníka, které jsou uvedeny dále v následující kapitole 2.5.

2.5 Požadavky zákazníka na pracoviště

- Třísměnný provoz, 282 pracovních dnů za rok
- Mazací cyklus jedné krytky, včetně založení a paletizace: 10 s
- Počet mazacích míst 1 – 4 (dle typu plastové krytky).
- Mazací místa jsou umístěna různě dle typu krytky.
- Na všechna mazací místa se přivede stejné množství maziva.
- Při změně výroby na jiný typ krytky musí dojít k rychlému přestavení s minimem seřizování či nastavování.
- Mazivo se musí dostat pouze na místa, kde je požadováno, krytka nesmí být nijak znečištěna od vazelíny.
- Stroj nesmí zabírat příliš místa.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

3 Návrh koncepce pracoviště

3.1 Možnosti uspořádání pracoviště

Podle zadaných požadavků byl vytvořen obecný pracovní postup, kterému odpovídá několik řešení. Tento postup popisuje čtyři základní operace, které mají být provedeny.

Obecný pracovní postup:

- **Orientace krytky**

Protože jsou krytky loženy volně, je nutné je před dalším zpracováním, zorientovat stejným směrem.

- **Ustavení**

Orientovanou krytku je třeba ustavit tak, aby při mazání nedocházelo k jejímu posunutí. Většina navržených konceptů se liší právě v tomto bodě.

- **Mazání**

Do ustavené krytky je třeba umístit přesně odměřené množství maziva na požadovanou pozici. V některých případech je nutné dávkovat pod úhlem, proto tuto operaci vykonává průmyslový robot. Připadají zde v úvahu dvě koncepce, buď robot nese mazací pistoli a dává mazivo do ustavené krytky, nebo robot nese krytku a najíždí nad pevně ustavený dávkovací ventil.

- **Paletizace**

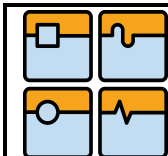
Namazané krytky je třeba uspořádaně uložit do přepravky pro další manipulaci. Používá se zde přepravka B2, která je znázorněná na obrázku Obr. č. 37. Pro tento účel je možné použít buď samotný robot, nebo zvláštní manipulátor.

Na základě pracovního postupu bylo navrženo celkem 7 možných koncepcí uspořádání pracoviště. Dané koncepce byly posouzeny z hlediska splnění požadavků zákazníka na bezobslužný provoz, rychlost cyklu a nákladů. Optimální koncepce je dále detailně rozpracována.

Navržené koncepce pracoviště:

- 1 Pracoviště s ručním ustavením krytky do šablony
- 2 Pracoviště s ustavením krytky v čelistech
- 4 Pracoviště s ustavením krytky v čelistech a paletizací manipulátorem
- 5 Pracoviště s ustavením krytky na přísavkové desce
- 6 Pracoviště s pevným mazacím ventilem
- 7 Pracoviště se zajištěním krytky pomocí přilnavého pásu

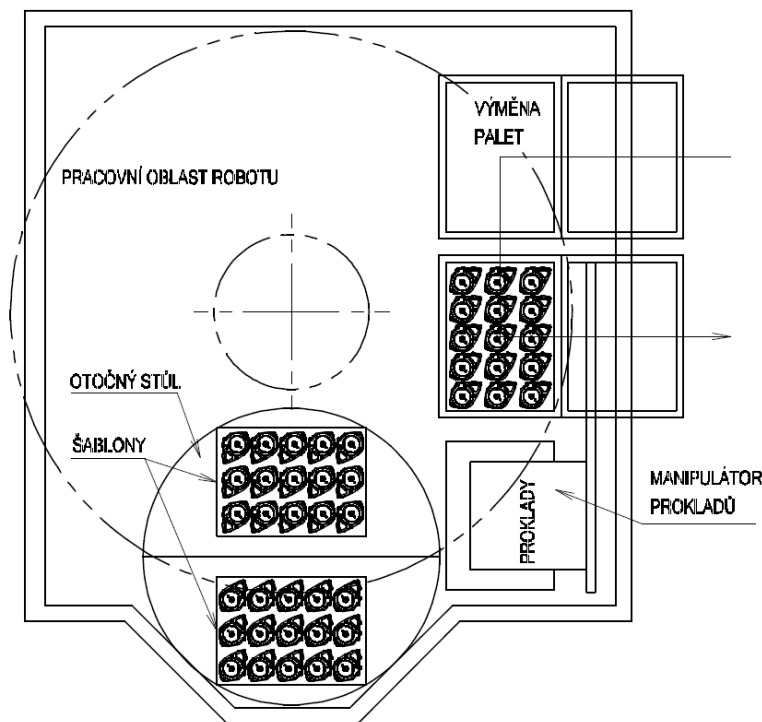
Tyto varianty jsou dále podrobněji popsány.



3.1.1 Pracoviště s ručním ustavením krytky do šablony

Jde o pracoviště s obsluhou, znázorněné na obrázku č. 3. Obsluha stroje zakládá krytky do šablony v matici 3 x 5. Po založení se otočí otočný stůl tak, že robot maže krytky a obsluha zakládá do druhé šablony.

Koncový efektor robotu obsahuje mazací a úchopné zařízení. Krytky založené v šabloně jsou mazány koncovým efektozem robotu. Po dokončení mazání je krytka stejným robotem paletována do výstupní přepravy.



Obr. č. 3 Koncept pracoviště s ručním zakládáním krytek.

Jde o velice jednoduchou koncepci pracoviště s minimem dalších zařízení. Krytky jsou ukládány do lůžek šablony, tím je jejich pozice pevně dána. V šabloně jsou krytky narovnány stejně, jako jsou paletovány do výstupní přepravy. Díky tomu je možné paletovat krytky ve větších celcích, dokonce i celou matici najednou.

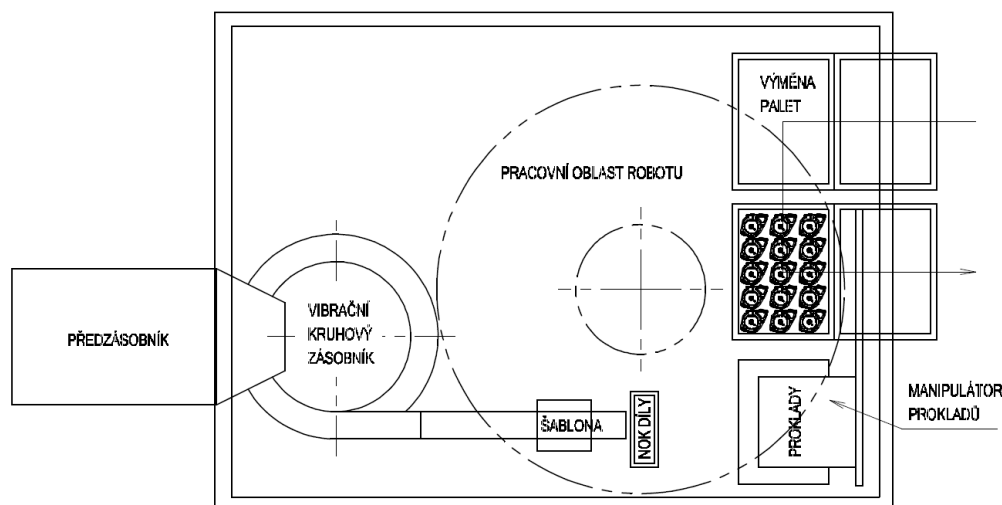
K práci stroje je potřeba obsluhu, která zakládá krytky do šablony. Při změně výrobku je třeba šablonu vyměnit. Pro každou variantu krytky musí být vyrobeny dvě šablony a ostatní, momentálně nepoužívané, šablony musí být někde skladovány.

3.1.2 Pracoviště s ustavením krytky pomocí pevné šablony

Tento a další koncepty označují plně automatizovaná pracoviště. Orientace krytek je pro všechny automatické koncepty shodná a je prováděna pomocí vibračního dopravníku.

Pracoviště s ustavením krytky v pevné šabloně je naznačené na obrázku č. 4. Z vibračního dopravníku krytka postupuje do pevné šablony, ve které je ustavena v přesně dané poloze. Krytka, která by nevhodně dosedala do šablony, je vyřazena do zásobníku neshodných dílů, v obrázku č. 4 označeném jako NOK.

Koncový efektor robotu obsahuje mazací a úchopné zařízení, stejně jako v předchozí koncepci. Krytka, která je uchycená v šabloně, je mazána koncovým efektem robotu. Po dokončení mazání je krytka stejným robotem uchopena a paletována do výstupní přepravy.



Obr. č. 4 Koncept pracoviště s ustavením krytky pomocí šablony.

Výhodou této konstrukce je její jednoduchost. Pevná šablona ustaví krytku v dané pozici a natočení. Poloha krytky v šabloně je neměnná a pro všechny krytky stejná. Díky tomu může robot najíždět pokaždé na stejné souřadnice.

Nevýhodou této koncepce je, že ustavení do šablony není pokaždé zaručeno, jelikož krytky vystupující z vibračního dopravníku nejsou vždy natočeny totožně.

Při změně výrobku je třeba šablonu vyměnit, a tím se prodlužují přeseřizovací časy.

3.1.3 Pracoviště s ustavením krytky v čelistech

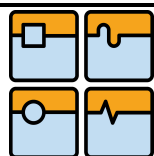
Koncept tohoto pracoviště je znázorněn na obrázku č. 5. Orientace krytek je prováděna pomocí vibračního dopravníku.

Orientovaná krytka postupuje z vibračního dopravníku mezi uchopovací čelisti, které ji ustaví v přesně dané poloze. Krytka, kterou by se nepodařilo uchopit, je vyřazena do zásobníku neshodných dílů.

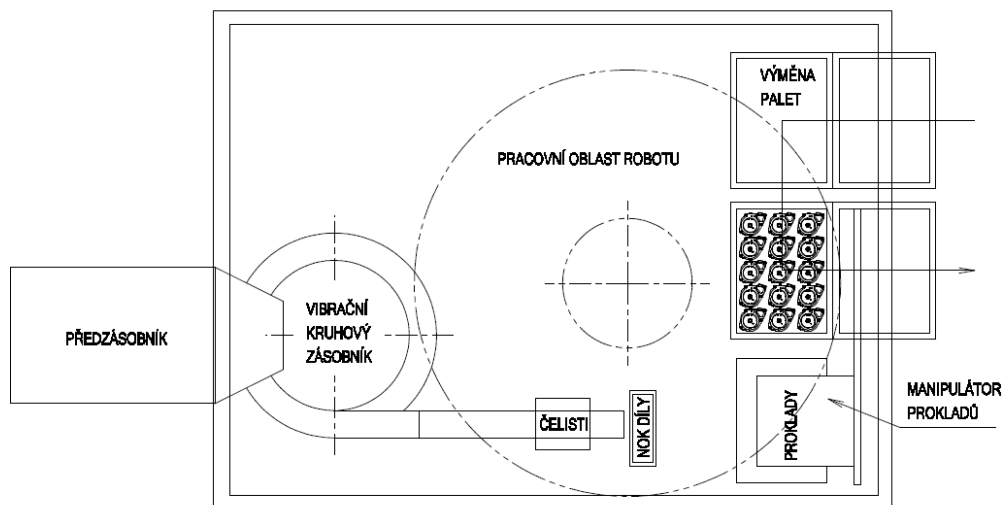
Koncový efektor robotu obsahuje opět mazací a úchopné zařízení. Krytka, která je správně uchycená v čelistech, je mazána koncovým efektem robotu. Po dokončení mazání je krytka stejným robotem paletována do výstupní přepravy.

Jde o další jednoduchou konstrukci pracoviště. Krytka je ustavena v dané pozici a natočení mezi pevnou a posuvnou čelistí. V pevné čelisti je umístěn referenční bod, který slouží k orientaci robotu v prostoru.

Jak je zmíněno výše, krytky na výstupu z vibračního dopravníku nejsou dokonale orientovány. Proto uchopení do čelistí nemusí být vždy přesné a správné, což je velkou nevýhodou této koncepce. Při změně výrobku je třeba čelisti vyměnit. Čelisti nezabírají tolik skladovacích prostor jako šablony, ale doba jejich výměny trvá déle.



DIPLOMOVÁ PRÁCE

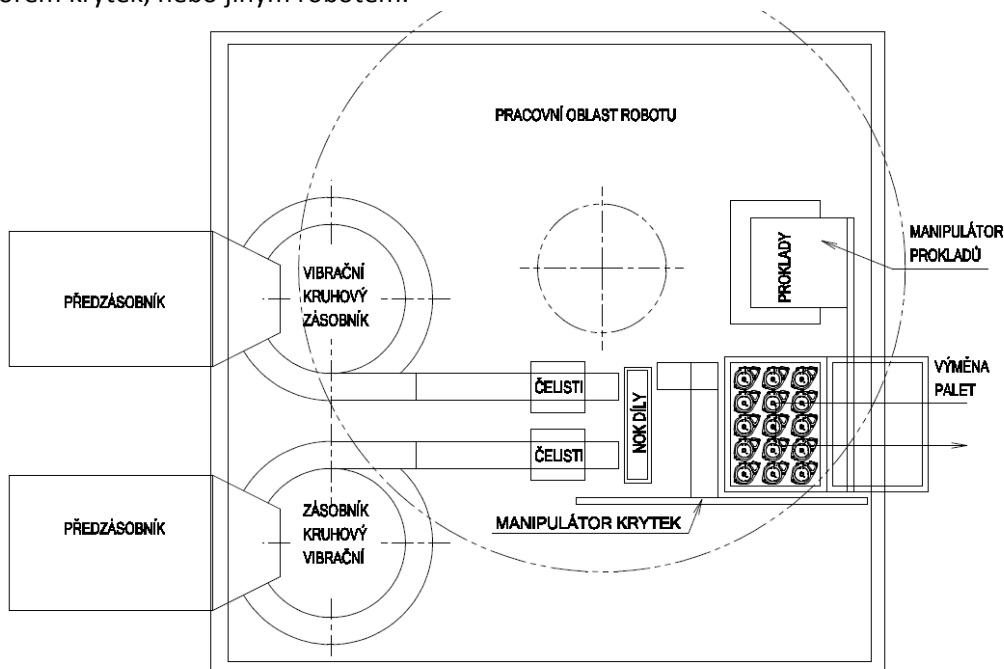


Obr. 5 Koncept pracoviště s ustavením krytky v čelistech.

3.1.4 Pracoviště s ustavením krytky v čelistech a paletizací manipulátorem

Toto řešení na, obrázku č. 6, je alternativou k předchozí koncepci z odstavce 3.1.3. Optimalizuje předchozí řešení z hlediska vyšší výrobnosti. Oproti původní koncepci jsou zde zdvojeny vibrační zásobníky a pohyblivé čelisti.

Na koncovém efektoru robotu je umístěno pouze mazací zařízení, paletizace je zde prováděna manipulátorem krytek, nebo jiným robotem.



Obr. 6 Koncept ustavení krytky v čelistech a paletizací manipulátorem.

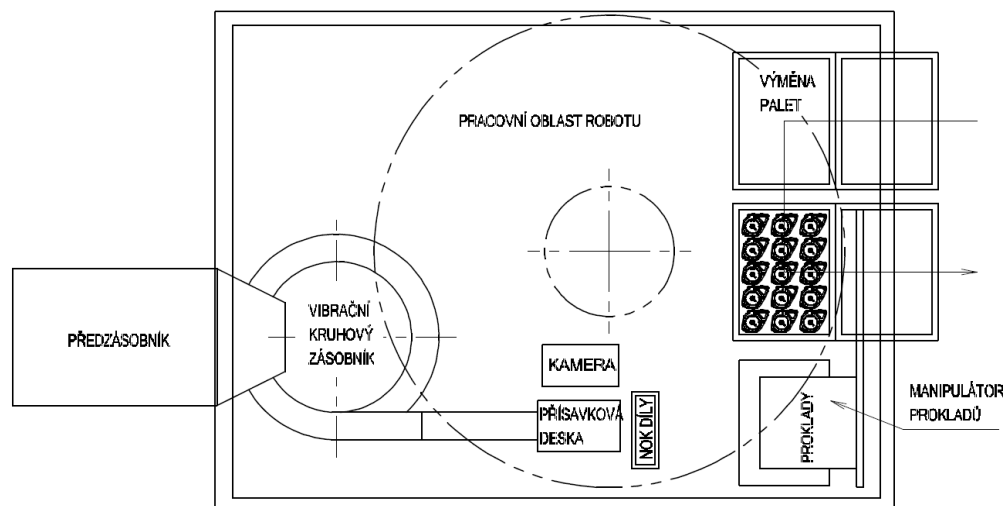
Tato koncepce zvyšuje výrobnost více než dvojnásobně. V překryvném čase mazání krytky dochází k paletizaci jiné, už namazané krytky. Tento princip lze použít i pro varianty, kde zajištění polohy je řešeno pomocí šablony, kapitola 3.1.2, nebo přísavkové desky, kapitola 3.1.5.

Nevýhody původních řešení ale stále zůstávají a několikanásobně vzrůstá cena celého pracoviště. Výrobní časy by byly v tomto případě poloviční, než je požadavek zákazníka, tedy je tato koncepce zbytečně drahá a složitá.

3.1.5 Pracoviště s ustavením krytky na přísavkové desce

Je to další koncept plně automatizovaného pracoviště, jeho půdorys je znázorněn na obrázku č. 7. Z vibračního dopravníku je krytka přesunuta na přísavkovou desku, která krytku uchytí v obecné poloze. Tato poloha je snímána průmyslovou kamerou, která dále určí pozici a natočení krytky. Neshodné krytky jsou vyřazeny do zásobníku neshodných dílů.

Koncový efektor robotu obsahuje mazací a úchopné zařízení, stejně jako v předchozích řešeních. Krytka, která je uchycená přísavkovou deskou, je mazána koncovým efektem robotu. Po dokončení mazání je krytka stejným robotem paletována do výstupní přepravy.



Obr. č. 7 Koncept pracoviště s použitím přísavkové desky.

Přísavková deska umožňuje uchytit krytku v libovolném úhlu natočení. Průmyslová kamera, která tento úhel snímá, může také rozlišit neshodný druh krytek. Při změně výroby není třeba nic měnit, pouze se přepne program pro mazání a rozpoznávání krytek.

Hlavním problémem této koncepce je uchycení krytek č.v. 1 111 01 verze I a č.v. 1 111 02 verze II a IV, které mají na spodní straně výstupek. Tyto krytky nedosedají celou plochou na přísavkovou desku a není možné je takto upnout.

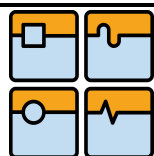
3.1.6 Pracoviště s pevným mazacím ventilem

Koncept tohoto plně automatizované pracoviště je načrtnut na obrázku č. 8. Orientace krytek je opět prováděna pomocí vibračního dopravníku. Dále je krytka otočena dnem vzhůru a v této poloze projíždí po pásovém dopravníku. Pozice a natočení krytky jsou snímány průmyslovou kamerou. Neshodné krytky jsou vyřazeny do zásobníku neshodných dílů.

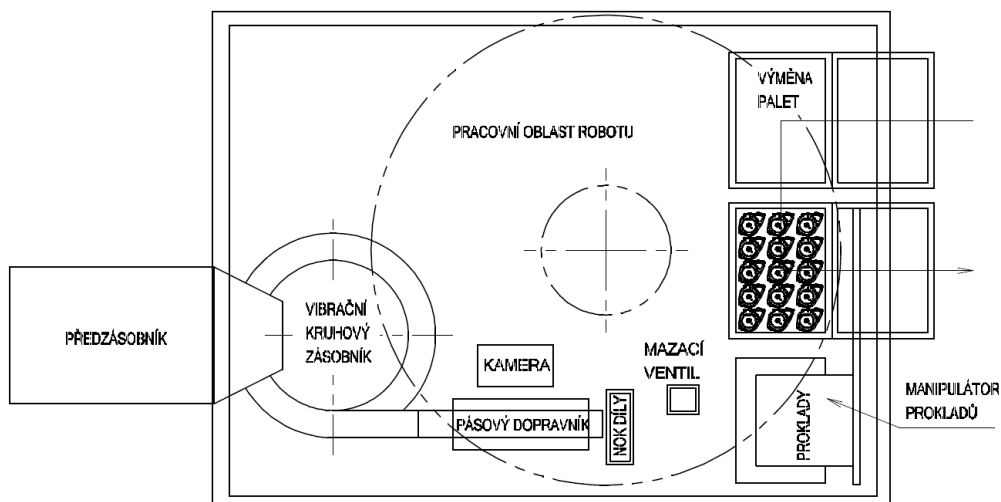
Koncový efektor robotu obsahuje pouze úchopné zařízení. Krytka jedoucí po páse je uchycena koncovým efektem robotu a přenesena nad mazací ventil. V této pozici najíždí robot na pozici nad jednotlivými mazanými body, ve kterých spouští mazání. Koncepce je opačná od ostatních variant, ale možnosti mazání jsou stejné. Po namazání je krytka uložena do výstupní přepravy.

Tímto způsobem je možné uchytit všechny druhy krytek bez nutnosti přeseřizování. Při změně výroby není třeba nic měnit, pouze se přepne program. Průmyslová kamera dokáže kromě posunu a natočení rozlišit také neshodný druh krytek.

Technologie mazání krytek a paletizace není možné oddělit a vzniká zde úzké místo výroby. Takt stroje proto závisí na součtu časů mazání a paletizace. Není ani možné manipulovat více krytkami najednou. Nicméně výrobní časy, kterých tato koncepce dosahuje, splňují požadavky zákazníka.



DIPLOMOVÁ PRÁCE

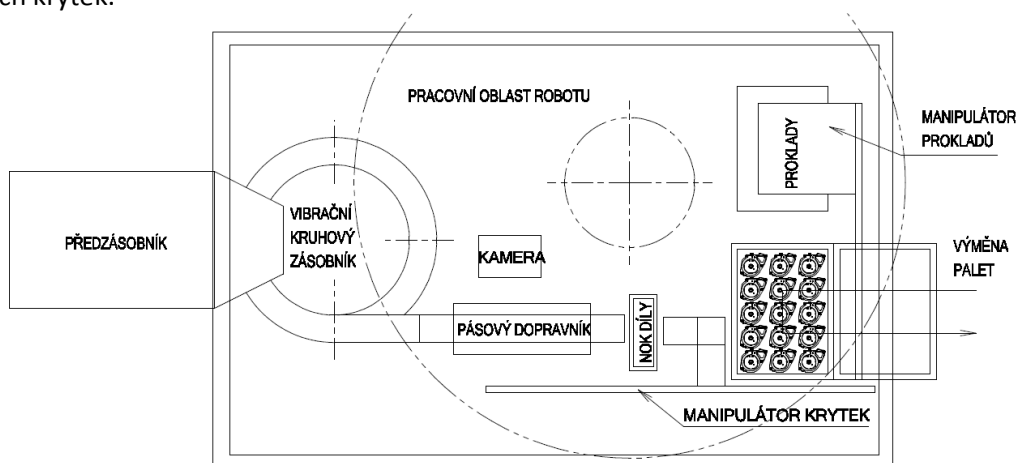


Obr. č. 8 Koncept pracoviště s pevným mazacím ventilem.

3.1.7 Pracoviště se zajištěním krytky pomocí přilnavého pásu

Poslední navržený koncept plně automatizovaného pracoviště je naznačen na obrázku č. 9. Krytka vystupuje z vibračního dopravníku na pásový dopravník dnem dolů. Pozice a natočení krytky jsou snímány průmyslovou kamerou. Neshodné krytky jsou vyřazeny do zásobníku neshodných dílů.

Koncový efektor robotu obsahuje pouze mazací zařízení. Robot maže přímo krytky jedoucí po pásu. Pás dopravníku musí být dostatečně přilnavý, aby nemohlo dojít k posunutí krytky během operace mazání. Dále je umístěn manipulátor krytek, nebo další robot. Tento slouží pouze k paletizaci namazaných krytek.



Obr. č. 9 Pracoviště se zajištěním krytky pomocí přilnavého pásu.

Na přilnavém pásu je možné uchytit všechny druhy krytek v libovolném úhlu natočení. Průmyslová kamera, která tento úhel snímá, může také rozlišit neshodný druh krytek. Při změně výroby není třeba žádného přeseřizování. Tento způsob umožňuje zkrátit cyklus výroby na minimum, takt linky závisí pouze na času mazání součástí.

Uchycení krytek, které mají na spodní straně výstupek, zvyšuje obtížnost celé úlohy. Kamera musí snímat 3D obraz a určit pozici a natočení ve všech třech osách souřadného systému.

3.2 Výběr vhodné varianty

Pro zjednodušení výběru variant je sestavena tabulka č. 1, která hodnotí výhody a nevýhody jednotlivých koncepcí.

Na základě prvního sloupce této tabulky lze zahrnout variantu číslo jedna, která není plně automatická, čímž nesplňuje základní požadavky na stroj. Je zde zmíněna především proto, že dle této koncepce byl stroj již vyroben a dle něho byly specifikovány požadavky na plně automatizované pracoviště. Stejně tak je možné vyřadit variantu číslo 5, která neumožňuje upnutí všech druhů krytek, čímž opět není splněno zadání.

Číslo varianty	Plně automatický provoz	Rychlá změna výroby	Zrychlení výrobního cyklu	Levnější výroba a provoz	Bezproblémové upnutí každé krytky	Počet souhlasných odpovědí
1	NE	NE	NE	ANO	ANO	2
2	ANO	NE	NE	ANO	NE	2
3	ANO	NE	NE	ANO	NE	2
4	ANO	NE	ANO	NE	NE	2
5	ANO	ANO	NE	ANO	NE	3
6	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	4
7	ANO	ANO	ANO	NE	NE	3

Tab. č. 1 Výběr vhodné koncepce pracoviště.

Dle uvedených kritérií je nejvhodnější varianta číslo 6, pracoviště s pevným mazacím ventilem. Podle tohoto konceptu je navrženo celé robotické pracoviště.

3.2.1 Rozšíření zadání pro zvolenou koncepci

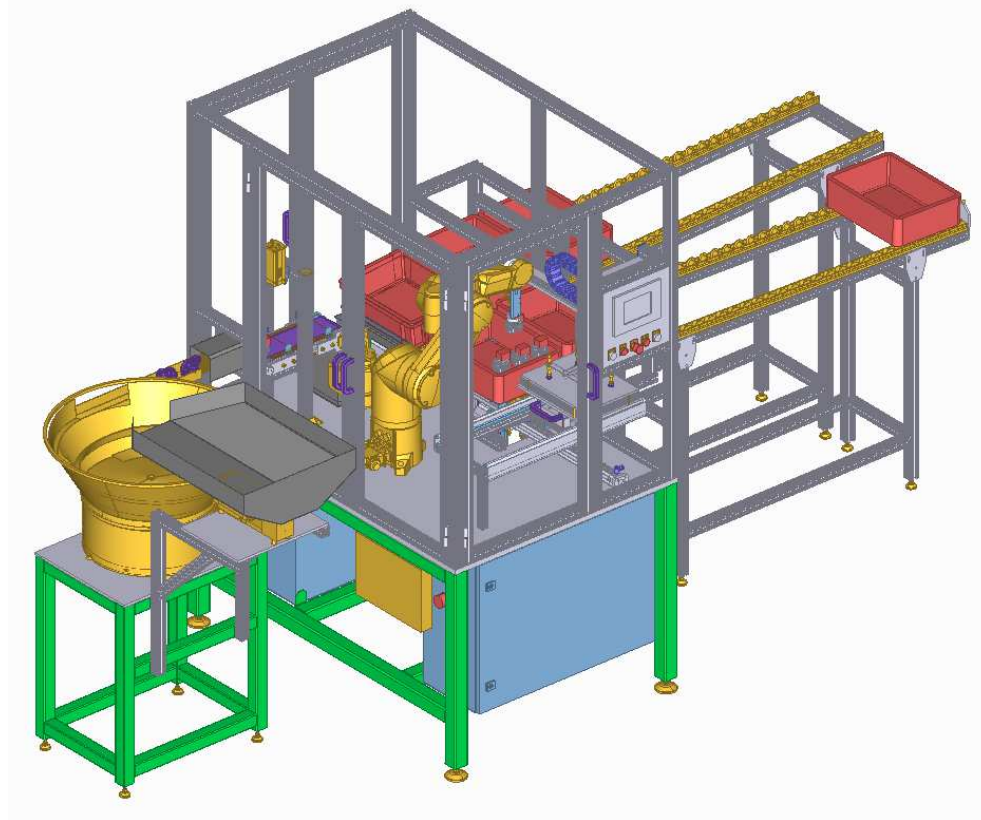
Zadané požadavky zákazníka na výrobní stroj, které jsou popsány v kapitole 2.5, stále platí a jsou dále rozšířeny o tyto body:

- Zařízení je řešeno jako bezobslužné s tím, že obsluha doplňuje zpracovávaný materiál a odebírá hotové uložené díly.
- Vstup krytek je zajištěn z předzásobníku, který je umístěn mimo půdorys tak, aby k němu byl zajištěn maximální přístup. Objem předzásobníku odpovídá objemu vstupní přepravky cca 50 l.
- Namazané krytky robot přenáší do připravené přepravky B2, kde je umísťuje do matice 3 x 5.
- Napájení mazivem je řešeno ze stávající sítě.
- Zakládání prokladů do přepravky je řešeno dvouosým manipulátorem.
- Stroj je vybaven snímačem přítomnosti prokladů.
- Prostor robota je zakrytován bezpečnostním pletivem, které je upevněno v konstrukčním systému Item.
- Skříň řízení se nachází ve spodní části pod pracovní plochou.

4 Konstrukce robotického pracoviště

4.1 Popis pracoviště

Koncept pracoviště s pevným mazacím ventilem je popsán v kapitole 3.1.6. Celé pracoviště, znázorněné na obrázku č. 10, je možné dále rozdělit do několika konstrukčních skupin a podskupin. Tyto skupiny jsou podrobněji popsány v kapitole 5 a jsou seřazeny podle technologického postupu pracoviště. Číslování jednotlivých konstrukčních skupin odpovídá číslování dle rozpisky, příloha číslo 04, která se vztahuje k výkresu celkové sestavy robotického pracoviště pro mazání komponent, příloha číslo 03.



Obr. č. 10 3D pohled na návrh pracoviště.

4.2 Činnost pracoviště

Do předzásobníku jsou vysypány krytky dle požadované výroby. Vibrační zásobník krytku orientuje dnem vzhůru. Orientovaná krytka dále postupuje na pásový dopravník, kde smart kamera sejme obraz krytky a určí její pozici a natočení. Krytka je z místa snímání přesunuta pásovým dopravníkem do prostoru odebrání. Robot uchopí krytku podle úhlu jejího natočení a přejede nad pozici mazání. Podle zvoleného programu namaže krytku v určených bodech a uloží ji do přepravy B2. Po naskládání jednoho patra manipulátor vloží proklad. Po naplnění celé přepravy proběhne automatická výměna přepravek, plná přeprava je vysunuta na výstupní dopravník a ze vstupního dopravníku je odebrána prázdná přeprava.

4.3 Obsluha stroje

Obsluha doplňuje díly do předzásobníku, ukládá proklady do zásobníku prokladů, zakládá prázdné přepravy, odebírá přepravy naplněné namazanými díly a odebírá vadné kusy ze zásobníku neshodných dílů. Dále obsluha řeší možné kolizní stavy vně robotické buňky, například zprůchodnění podavačů přepravek. Možné kolizní stavy uvnitř robotické buňky může řešit pouze servisní technik.

Zásah obsluhy bude nutný přibližně v hodinových intervalech, což je čas zpracování jedné dávky.

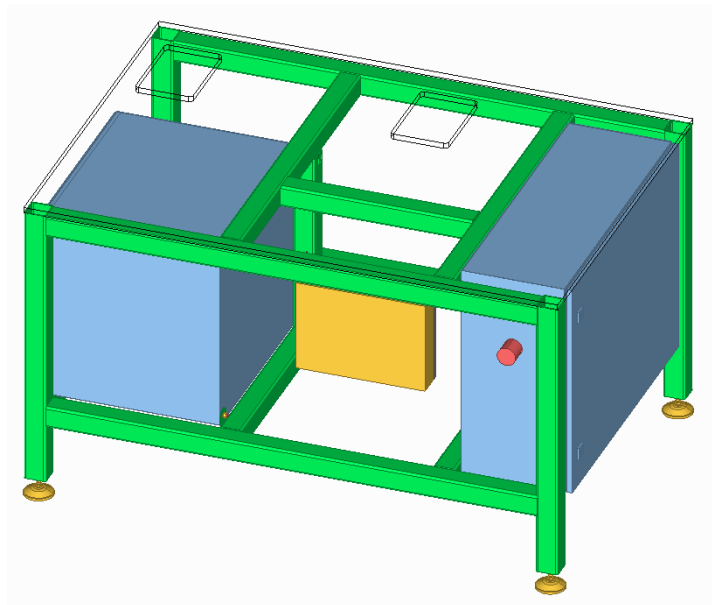
5 Konstrukční celky pracoviště

5.1 Nosný rám

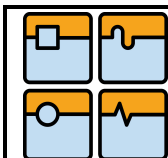
Základem rámu je svařenec z uzavřených profilů TR 4HR 60 x 60 x 3 z konstrukční oceli 11 373. Tato ocel je zaručeně svařitelná s pevností 370 MPa. [14]

Nosný rám, na obrázku č. 11, je řešen tak, aby v něm mohly být umístěny veškeré elektrické prvky. Jsou zde zabudovány dvě elektrické rozvaděčové skříně od firmy Rittal. V první skříně o velikosti 500 x 500 x 500 mm je umístěn řídicí systém robota, ve druhé skříně o velikosti 800 x 600 x 300 je umístěno PLC, pneumatické ventily a další elektrická a elektronická zařízení. Ve střední části je rám vyztužen vodorovnou a svislou vzpěrrou. Na základové konstrukci je umístěna hliníková deska o tloušťce 15 mm na obrázku č. 11 je tato deska zprůhledněna a je možné vidět pouze její obrysy. Na této desce, přibližně uprostřed nad vzpěrami vyztužujícími rám, je umístěn robot.

Na nosném rámu jsou také umístěny energetické vstupy. Je zde zařazena jednotka na úpravu vzduchu, na obrázku č. 11 je naznačena žlutě. A také hlavní vypínač, naznačen červeně, na stejném obrázku. Výkres sestavy a rozpiska nosného rámu jsou uvedeny v přílohách číslo 05 a 06.



Obr. č. 11 Nosný rám.

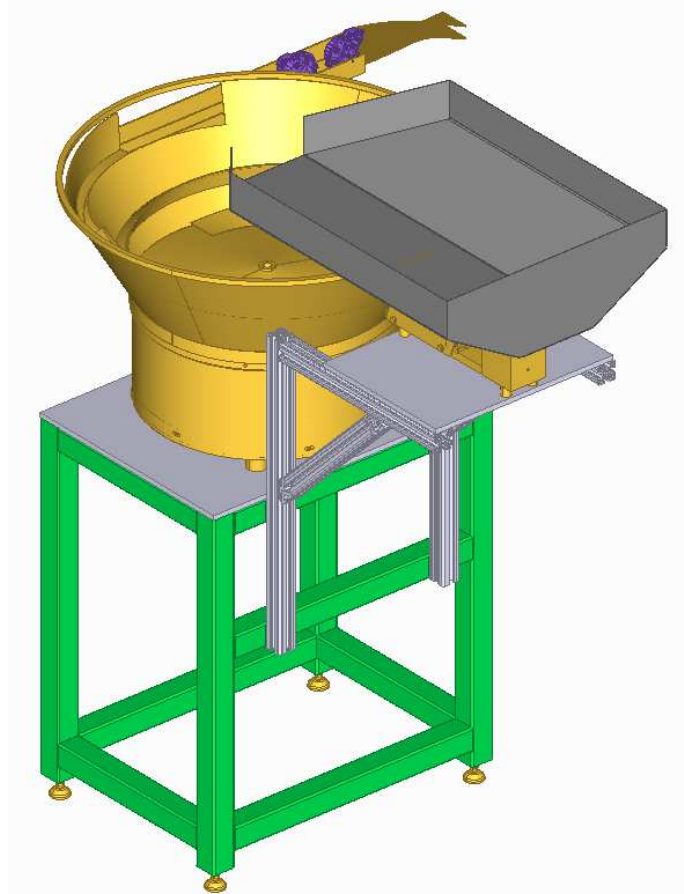


5.2 Vibrační zásobník

Jelikož jsou součásti volně ložené v bedně, je nutné před samotným mazáním nejprve každý kus orientovat do jednotné polohy. Pro tento účel jsou zde použity vibrační dopravníky od firmy Libor Kříž.

Celá sestava vibračního zásobníku stojí mimo robotické pracoviště, sestava je na obrázku č. 12, výkres sestavy a rozpiska vibračního zásobníku jsou uvedeny v přílohách číslo 07 a 08. Základ tvoří svařovaná konstrukce, na které je hliníková deska. Na této desce je usazen kruhový vibrační dopravník. Ze strany je k rámu připevněna konzola sestavená z tvarových profilů konstrukčního systému Item, na kterých je umístěn předzásobník.

Orientaci krytek vykonává kruhový vibrační dopravník. Před ním je umístěn předzásobník, který slouží k doplňování krytek do vibračního dopravníku a zvětšuje velikost zpracovávané dávky.

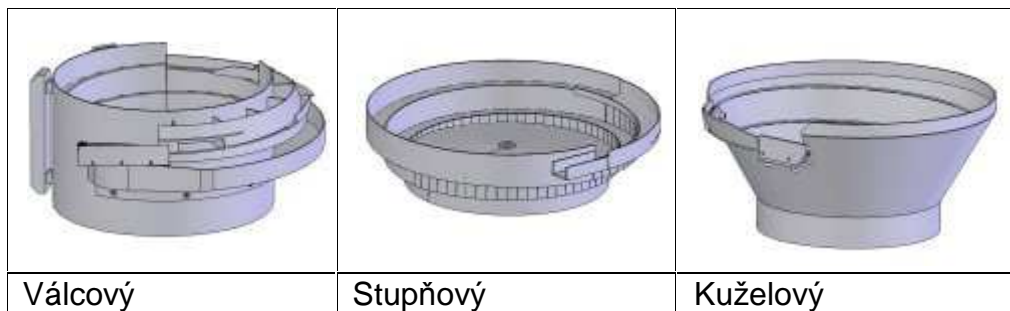


Obr. č. 12 Sestava vibračního dopravníku [06]

5.2.1 Kruhové vibrační dopravníky

Vibrační kruhový dopravník je zařízení, které slouží k přesnému podávání a orientování jednotlivých dopravovaných dílů do požadované polohy. Také se používá pro přesné dávkování drobných dílů či materiálu. Rychlost dopravy dílů či materiálu je možné plynule regulovat, okamžitě zastavit nebo spustit. [06]

Základní součástí vibračního dopravníku je pohon, který je tvořen dvěma deskami, základovou a nosnou, soustavou pružných elementů a elektromagnetickým budičem. Z pohonu vystupuje centrální šroub, na němž je upevněn zásobník. Zásobník je nádoba s válcovým, kuželovým nebo stupňovitým tvarem, která obsahuje vodící drážky a orientační ústrojí. Různé tvary zásobníků jsou znázorněny na obrázku č. 13. Nádobu zásobníku je možné na centrálním šroubu natáčet o 360°. Celá soustava je pružně uložena a rezonančně naladěna. [06]



Obr. č. 13 Dělení kruhových vibračních zásobníků dle tvaru nádoby [06]

Volba nádoby zásobníku je komplikovaná záležitost a vyžaduje určitou praxi. Závisí především na tvaru podávaného dílu, jeho materiálu a požadované orientaci, a také na požadované zásobě dílů v nádobě. Proto byla pro návrh vibračního dopravníku zvolena externí firma.

Při návrhu je také nutno respektovat orientaci výstupního členu. Dle výstupu se zásobníky vibračních dopravníků dělí na pravé a levé, jak je ukázáno na obrázku č. 14.

PRAVÝ ZÁSOBNÍK

LEVÝ ZÁSOBNÍK

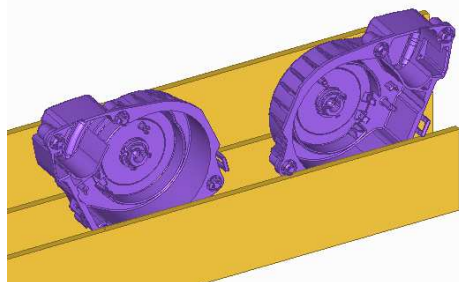


Obr. č. 14 Dělení kruhových vibračních zásobníků dle výstupu [06]

Na základě zadaných požadavků firma Libor Kříž vytvořila model dráhy včetně prvků orientace. Dále byl navrhnut tvar zásobníku a velikost vibračního dopravníku.

Je zde použit model KZ 500, jehož průměr je 500 mm. Vzhledem k zástavbovému prostoru byl zvolen levý výstup zásobníku, ten je rozlišen na obrázku č. 14.

Samotný zásobník je navržen jako kuželový, dle rozdělení z obrázku č. 13. Vzhledem k tvaru krytky nelze zaručit, že všechny krytky budou z dopravníku vycházet ve stejném natočení. Orientace dnem k vnější straně zaručena je, jak znázorňuje obrázek č. 15. [06]

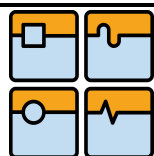


Obr. č. 15 Krytky na výstupu z vibračního dopravníku.

5.2.2 Předzásobník

Předzásobník je zařízení určené k průběžnému doplňování nádoby kruhového zásobníku. Je umístěn před vibračním dopravníkem a slouží především ke zvětšení objemu dávkovaného množství. Předzásobník se skládá z lineárního vibračního dopravníku a násypky o objemu 50 l. Tomuto objemu odpovídá velikost jedné dávky. [06]

Předzásobník se podstatně zvýší objem zásobníku, tím se prodlužuje doba nutná pro zásah obsluhy při doplňování dílů. Doplňování nádoby kruhového zásobníku je řízeno regulátorem řídícím provoz lineárního dopravníku na základě údajů ze senzoru zaplnění nádoby kruhového zásobníku. Vzhledem k velkému objemu dávkovaného množství nelze předzásobník vynechat, jinak by docházelo k přehlcení vibračního dopravníku. [06]



5.3 Pásový dopravník

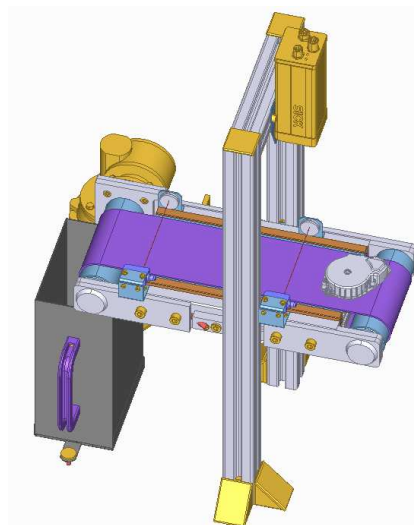
Pro dopravu z místa orientace do místa odebrání je použit pásový dopravník. Jelikož orientace krytky není zcela jednoznačná, je její přesná poloha a natočení určováno průmyslovou kamerou. Pásový dopravník přesouvá krytku ze vstupní části do pozice pod kamerou a dále do odebrací pozice. Další funkcí dopravníku je vyřadit neshodné, či nerozpoznané krytky do zásobníku neshodných kusů.

Krytka je přesouvána od vibračního dopravníku do odebrací pozice, na obrázku č. 16 je tento pohyb zprava doleva. Během přesunu krytka projíždí snímací pozicí, ve které kamera určí její posun a natočení. Pokud kamera krytku nerozpozná, například je-li vložen jiný druh krytky, tato projede celým dopravníkem až nakonec a je vyřazena do zásobníku neshodných kusů.

Sestava pásového dopravníku je vyobrazena na obrázku č. 16, výkres sestavy a rozpiska pásového dopravníku jsou uvedeny v přílohách číslo 09 a 10. Základ tvoří nosný rám, který je sestaven z konstrukčního systému Item, profil 40 x 40 E. Na tomto rámu je upevněn pásový dopravník od firmy Alutec a průmyslová kamera od firmy Sick. Spojení pásového dopravníku a rámu je řešeno pomocí přechodového kříže, který zapadá do drážek profilu Item a do přípojovací drážky pásového dopravníku, tím je zajištěna jejich vzájemná kolmost.

Rozměry pásového dopravníku:

- Průměr válců $D_v = 50 \text{ mm}$
- Šířka válců $W_v = 120 \text{ mm}$ (pro pás šířky 100 mm)
- Rozteč válců $R_v = 350 \text{ mm}$
- Příruba motoru MVF 30/F [05]



Obr. č. 16 Pásový dopravník s kamerou Sick IVC 2D.

5.3.1 Dopravníkový pás

Na dopravník byl zvolen pás PVC PÁS - 2R7 - 8rF80 (F22-11) od firmy Gumex o šířce 100 mm. Pás je dvouvložkový, jak je naznačeno na obrázku č. 17. Tento pás je antistatický, částečně odolný vůči minerálním olejům a tukům. Je vhodný pro přepravu balených potravin, dřeva, pilin, štěpků, plastů, a jiných drobných dílů. Pás je zelené barvy, díky tomu bude dostatečně kontrastní vůči bílé krytce. To umožní lepší rozpoznávání krytky pomocí průmyslové kamery. [02]

Pevnost pásu, 10 N mm^{-1} , je vzhledem k nízkému zatížení dostatečná. Z vrchní strany je pokryt vrstvou PVC o síle 0,7 mm. Minimální průměr hnacího bubnu je 50 mm. Celková šířka pásu je 3,1 mm. [02]

Délka pásu L_p je vypočítána z rozměrů pásového dopravníku, popsanych výše.

$$L_p = D_v \pi + 2 \cdot R_v = 50 \pi + 2 \cdot 350 = 857 \text{ mm}$$

(1)



Obr. č. 17 PVC PÁS - 2R7 - 8rF80 (F22-11) Gumex. [02]

5.3.2 Pohon

Hnací válec pásového dopravníku je uzpůsoben pro montáž s motory a převodovkami Bonfiglioli s přírubou VF 30, které jsou na obrázku č. 18. Proto je zde použita sestava elektromotoru a šnekové převodovky od firmy Bonfiglioli s označením VF 30_40 P56 BN56A4. K elektromotoru je současně dodáván i frekvenční měnič, ten bude umístěn v elektrickém rozvaděči v rámu stroje. [13]

Jedná se o třífázový asynchronní elektromotor o výkonu $P = 60 \text{ W}$ a převodovku o převodovém poměru $i = 40$. Otáčky výstupního hřídele převodovky, $n = 34 \text{ min}^{-1}$ a moment na hřídeli je 10 Nm . [13]

Zvolený motor je nejmenší vyráběný motor s přírubou VF 30. Pro zvolenou aplikaci je moment a výkon motoru více než dostatečný a proto zde neuvádím výpočet motoru. Z otáček hřídele lze vypočítat rychlost pásu v_p . Průměr hnaného válce, D_v , vychází z rozměrů pásového dopravníku uvedených dříve.

$$v_p = \frac{\pi \cdot D_v \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 34}{60} = 89,9 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1} \quad (2)$$

Aby byl dodržen takt linky, který je v krajním případě 6 s , musí být krytka přesunuta po páse nejpozději za $t_{\min} = 5 \text{ s}$. Minimální rychlost pásu, v_{\min} , je tedy počítána podílem délky pásu ku času přesunutí.

$$v_{\min} = \frac{l}{t_{\min}} = \frac{350}{5} = 70 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3)$$

Rychlost zvoleného pohonu je vyšší a nebude tak omezovat takt linky.

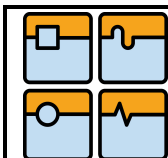


Obr. č. 18 Motory s převodovkou Bonfiglioli řady VF/W. [13]

5.3.3 Senzory

Na dopravníku jsou umístěny dva optické senzory. První z nich určuje přítomnost krytky pod kamerou a slouží ke spínání kamery (tzv. trigger). Druhý senzor je umístěn na konci dopravníku a značí přítomnost kytky v odebíracím místě. Signál z tohoto senzoru musí zároveň i zastavit pás, do doby, než bude krytka odebrána. Oba senzory jsou shodné, a to reflexní závory BOS 6K-PU-1QC-S75-C od firmy BALLUFF. [10]

Přesnost zastavování dopravníku pomocí optické závory nemusí být dostatečná. V takovém případě bude nutné vybavit pásový dopravník inkrementálním snímačem polohy. Tento snímač by byl upevněn přes pružnou spojku přímo na přírubu válce dopravníku.



5.4 Kamera

Pro rozpoznávání natočení a posunu krytek byla zvolena 2D smart kamera od firmy Sick, model IVC-2D, který je zobrazen na obrázku č. 19. Je to výkonná kamera pro pružné automatické operace. Je podpořena uživatelsky přívětivým softwarem pro rychlé a jednoduché naprogramování. Pracuje samostatně bez potřeby připojení k počítači. [04]



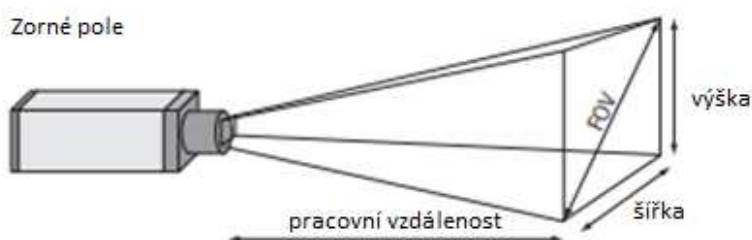
Obr. č. 19 Kamera IVC-2D se světelným kruhem. [04]

5.4.1 Objektiv

Je zvolen objektiv VGA o ohniskové vzdálenosti 8 mm.

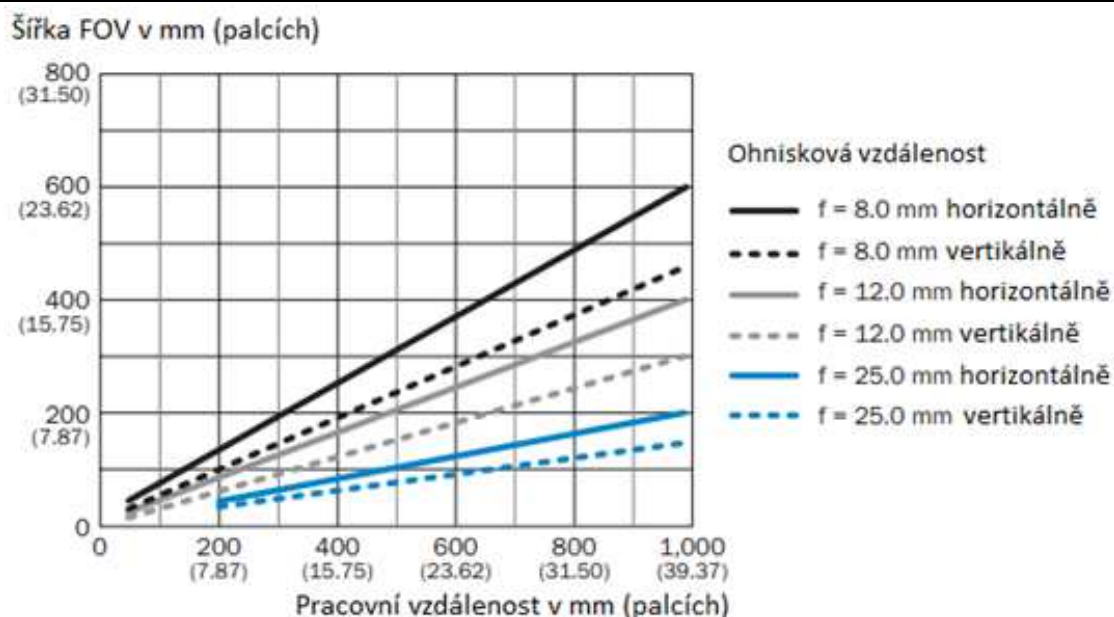
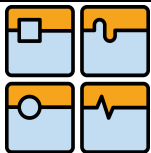
Velikost zorného pole, označena jako FOV (Field of view), je úhlopříčka zorného pole, v poměru šířky ku výšce 4 : 3. Grafické znázornění velikosti zorného pole je na obrázku č. 20. Rozměr zorného pole v závislosti na pracovní vzdálenosti je naznačen grafem uvedeným v obrázku č. 21. Z tohoto grafu je odečtena výška ustavení kamery pro zvolené ohnisko a zvolenou velikost zorného pole. [04]

Aby bylo možné kamerou sejmout celou šířku pásu, tj. 100 mm, velikost zorného pole musí obsáhnout plochu o rozměrech nejméně 100 x 75 mm, což odpovídá úhlopříčce zorného pole FOV = 125 mm. Pro svislé uložení kamery a ohniskovou vzdálenost objektivu $f = 8$ mm odpovídá výška uložení 250 mm nad pásem. [04]



Obr. č. 20 Geometrické znázornění velikosti zorného pole. [04]

Vzhledem k tomu, že kamera bude pracovat v průmyslovém provozu a pracoviště není prachotěsně zakrytováno, bude na kameře umístěn kryt objektivu. [04]



Obr. č. 21 Závislost vzdálenosti objektivu na velikosti zorného pole. [04]

5.4.2 Osvětlení

Aby kamera mohla správně snímat, potřebuje dostatečné osvětlení. Robotická buňka nebude osvětlená, proto je použito osvětlení zorného pole kamery v podobě světelného kruhu ICL110 od firmy Sick, které je vyobrazeno na obrázku č. 22. Tento světelný kruh je vhodný pro montáž na kameru IVC-2D a vydává vysoce intenzivní bílé světlo. Pracovní vzdálenost je v rozsahu 100 až 300 mm a osvětluje plochu o průměru až 200 mm. [04]

Způsob osvětlení je pouze odhadnut, pokud by toto osvětlení nevyhovovalo, je možné osvětlit zorné pole jiným způsobem, například světelné trubice umístěné přímo u pásu. Také je vhodné celý pásový dopravník zakrytovat, aby nebyla kamera ovlivňována okolním světlem. Případně je možné použít kameru o jiném světelném spektru, například UV záření.

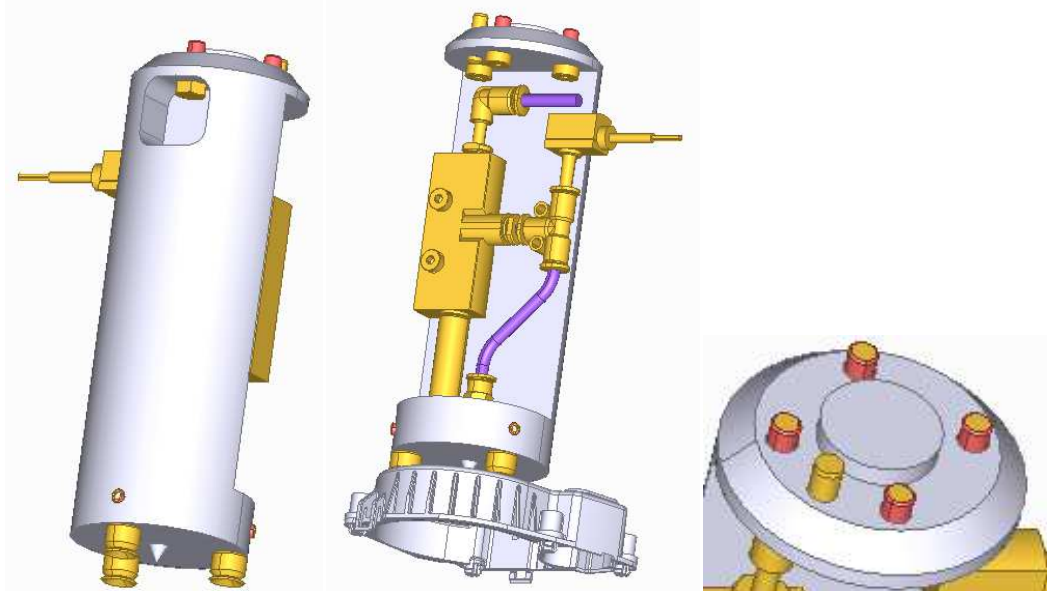


Obr. č. 22 světelný kruh ICL110 Sick. [04]

5.5 Koncový efektor

Koncový efektor robotu je chapadlo s přísavkami, jak je možné vidět na obrázku č. 23, výkres sestavy a rozpiska koncového efektoru jsou uvedeny v přílohách číslo 11 a 12. Přísavky musí zajistit pevné uchopení krytky a zamezit jejímu posunutí během operace mazání. Pro dosažení maximální tuhosti je použito tříbodové uchycení. Tato soustava umožňuje lépe zachytit síly a momenty, kterými působí mazací ventil, než kdyby byla použita pouze jedna přísavka. Dále musí být efektor prodloužen tak, aby bylo možné součást ukládat do přepravy. Na efektoru je umístěn ejektor a senzor uchopení součásti.

Tělo efektoru je vyrobeno z jednoho kusu hliníkové kulatiny o průměru 50 mm. V dolní části je vysoustružen hrot, který slouží k nastavení nulové pozice robotu. Na druhém konci je efektor připojen k přírubě robotu, je centrován pomocí osazení a zajištěn kolíkem. Pevné dotažení zajišťují čtyři šrouby M5 x 12 mm. Připojovací část efektoru je přiblížena na obrázku č. 23 vpravo. Délka efektoru, od příruby po konec přísavek, je 145 mm. Celková hmotnost efektoru je přibližně 0,6 kg.



Obr. č. 23 Koncový efektor.

5.5.1 Přísavky

Na koncovém efektoru jsou použity kruhové talířové přísavky ESS-10-SF od firmy Festo, jejichž fotografie je uvedena na obrázku č. 24. Tato přísavka má průměr 10 mm a připojuje se závitem M4 x 0,7 mm. Materiál přísavky je zvolen fluorkaučuk, který má vyšší tuhost, a to 60 Shore. Tím je minimalizována deformace přísavky během nanášení („nastřelování“) maziva. [08]

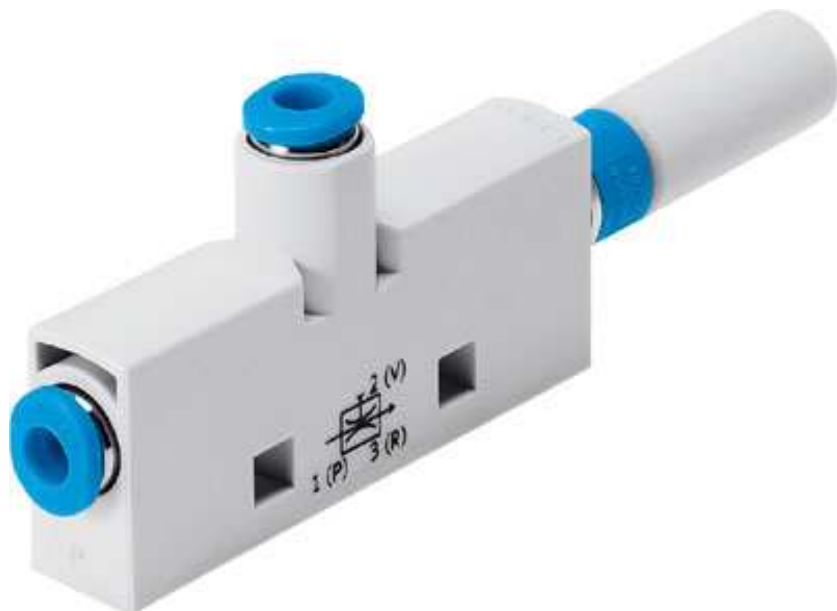
Výpočet přísavek zde není uveden, protože jsou dle mého názoru předimenzované, jelikož krytka je lehká a použitím tří přísavek je dosaženo vysoké uchopovací síly. Umístěním tří přísavek jsou eliminovány klopné momenty, které by mohly vznikat od nanášení maziva. Toto předimenzování zvyšuje tuhost uchycení, a přesnost najíždění nads mazací body.



Obr. č. 24 Přísavka ESS-10-SF. [08]

5.5.2 Ejektor

Pro vytvoření potřebného podtlaku je koncový efektor vybaven ejektorem VN-05-L-T2-PQ1-VQ1-RO1-M od firmy Festo viz obrázek č. 25. Vzhledem k zástavbovému prostoru je použita T - konstrukce ejektoru. Vzduch i vakuum jsou připojeny nástrčnou koncovkou o průměru 4 mm. [08]



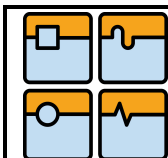
Obr. č. 25 Ejektor VN-05-L-T2-PQ1-VQ1-RO1. [08]

K ejektoru je připojen senzor podtlaku SPTE-V1R-S4-B-2.5K, viz obrázek č. 26, který signalizuje, zda byl proklad opravdu uchopen. Senzor měří pomocí piezorezistivního čidla tlaku s rozsahem měřených hodnot od -1 do 0 bar. Výstup je analogový v rozsahu 1 – 5 V. Do řídicí jednotky je připojen třívodičovým kabelem. [08]

Tento typ senzoru používám především pro jeho malé rozměry. Pro tuto aplikaci by byl dostatečný digitální senzor podtlaku, ten je ale mnohem větší a jeho montáž v efektoru by byla mnohem komplikovanější.

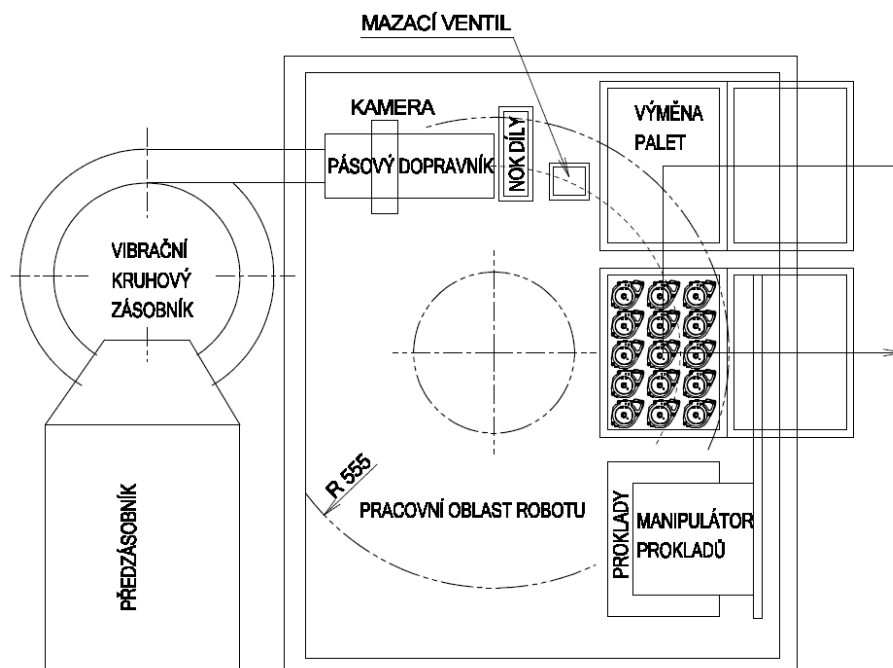


Obr. č. 26 Podtlakový senzor SPTE-V1R-S4-B-2.5K. [08]



5.6 Robot

Pro zadanou úlohu je zvolen antropomorfní robot s šesti pohybovými osami, protože umožňuje polohování v prostorových úhlech. Z obrázku č. 27 vyplývá, že je třeba robotem obsáhnout kružnici o poloměru minimálně 555 mm. Na základě této podmínky byly vybrány roboty od tří různých výrobců. Nosnost robotu není v tomto případě určující, jelikož hmotnost efektoru nepřekročí 1 kg.



Obr. č. 27 Velikost pracovního prostoru.

Je možné použít například tyto roboty:

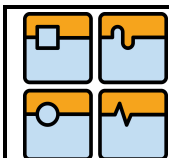
- ABB IRB 120. Tento robot má poloměr pracovního prostoru 580 mm.
- Kuka KR 5 sixx R650. Poloměr pracovního prostoru tohoto robotu je 653 mm.
- Stäubli TX 60. Robot s poloměrem pracovního prostoru 600 mm.

Dle přání zákazníka byl zvolen robot Stäubli TX 60, vyobrazený na obrázku č. 28. Je vhodný pro montáž na zemi, na zdi i na stropě. Robot dosahuje opakovatelnosti $\pm 0,02$ mm, jeho maximální rychlost je $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a hmotnost robotu činí 51 kg. [11]

Robot je řízen kontrolérem CS8C o rozměrech 331 x 220 x 455. Tento kontrolér bude zabudován v rámu stroje. [11]



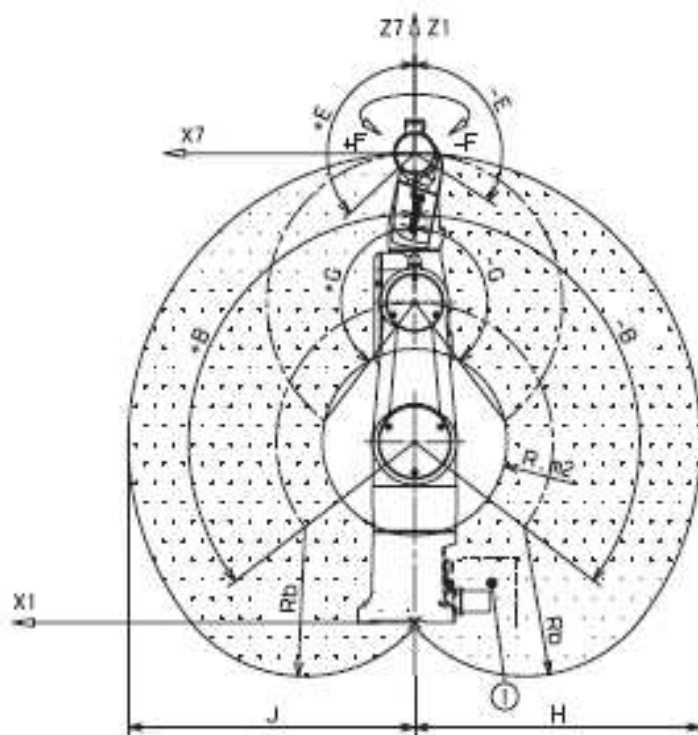
Obr. č. 28 Robot Stäubli TX 60. [11]



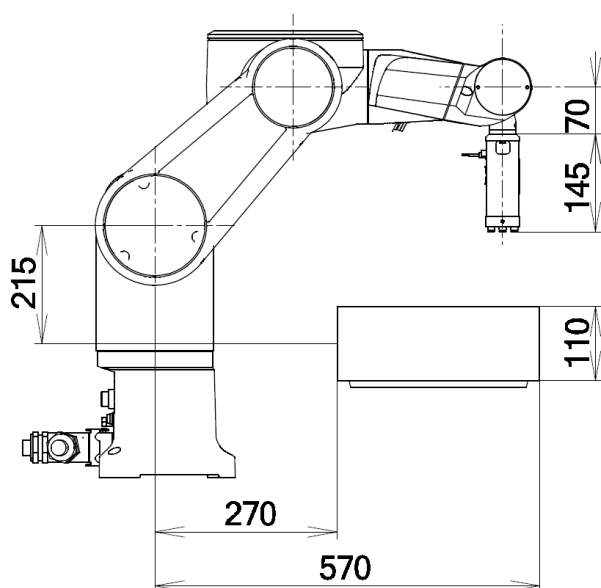
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Koncový efektor je na robotu umístěn v ose šesté osy robotu a tu prodlužuje o 145 mm. Při práci robotu je pátá osa sklopena kolmo dolů, což omezuje pracovní rozsah. Toto omezení je výrazné především během paletizace komponent. Ostatní pracovní pozice robot bez problému obsáhne.

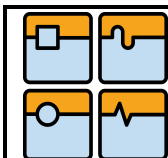
Jak je vidět na obrázku č. 29, maximální pracovní prostor robotu v rovině x-y je ve výšce druhé osy robotu. Aby byl využit maximální dosah robotu, musí být druhá osa robotu sklopena o 90°. Jak je vidět na obrázku č. 30, je vzdálenost mezi středem výšky přepravky a druhou osou stejná jako vzdálenost konce efektoru od páté osy, ke které se vztahuje pracovní rozsah.



Obr. č. 29 Pracovní oblast robotu Staubli v rovině x-z. [11]



Obr. č. 30 Výškové umístění robotu, vzhledem k přepravce.



5.7 Mazací soustava

5.7.1 Mazivo

Pro mazání krytek je použité vysoce viskózní mazivo Unisilkon GLK 112, jeho základní vlastnosti jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Toto mazivo zajišťuje hladký chod součástí při nízkých teplotách a zároveň je odolné i vůči vysokým teplotám. Je na bázi silikonového oleje a speciálního lithiového mýdla. Produkt je možné nanášet na celou řadu různých elastomerů a plastů. Vyhovuje předpisu VW TL 767 X. [12]

UNISILKON GLK 112 je primárně určen pro mazání na třecích plochách v kombinacích: pryž/ kov, plast/ kov nebo plast/ plast. Používá se především pro kluzná vedení, těsnění a mazání bowdenů. V takových aplikacích UNISILKON GLK 112 snižuje tření a zabraňuje vrzavým zvukům. Na součástech vytváří ochrannou vrstvu, která chrání pryže a plasty proti atmosférickým vlivům. UNISILKON GLK 112 lze použít pro mnoho součástí, kde je vyžadováno celoživotní mazání. Mazivo se nanáší stěrkou, štětcem nebo mazací pistolí. [12]

Pro aplikaci robotického mazání je mazivo nanášeno dávkovacím ventilem. Vzhledem k jeho vysoké viskozitě mazivo přilne k mazané součásti. Během další manipulace už nedochází k jeho odtečení, nebo sklepání. Díky této vysoké viskozitě je možné mazivo aplikovat i svisle vzhůru, jak je použito v tomto návrhu. [12]

Souhrn vlastností maziva:

- Dobré vlastnosti za nízkých teplot a široký rozsah provozních teplot.
- Dobrá kompatibilita s elastomery a plasty.
- Dobré smáčení funkčních ploch. [12]

Barva	Bílá
Hustota	$0,96 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Provozní teploty	$-50 \text{ až } +180^{\circ}\text{C}$
Pracovní tlak tečení	$\geq 1,4 \text{ bar} \approx 140 \text{ kPa}$
Stupeň dynamické viskozity	Lehký až střední mazací tuk

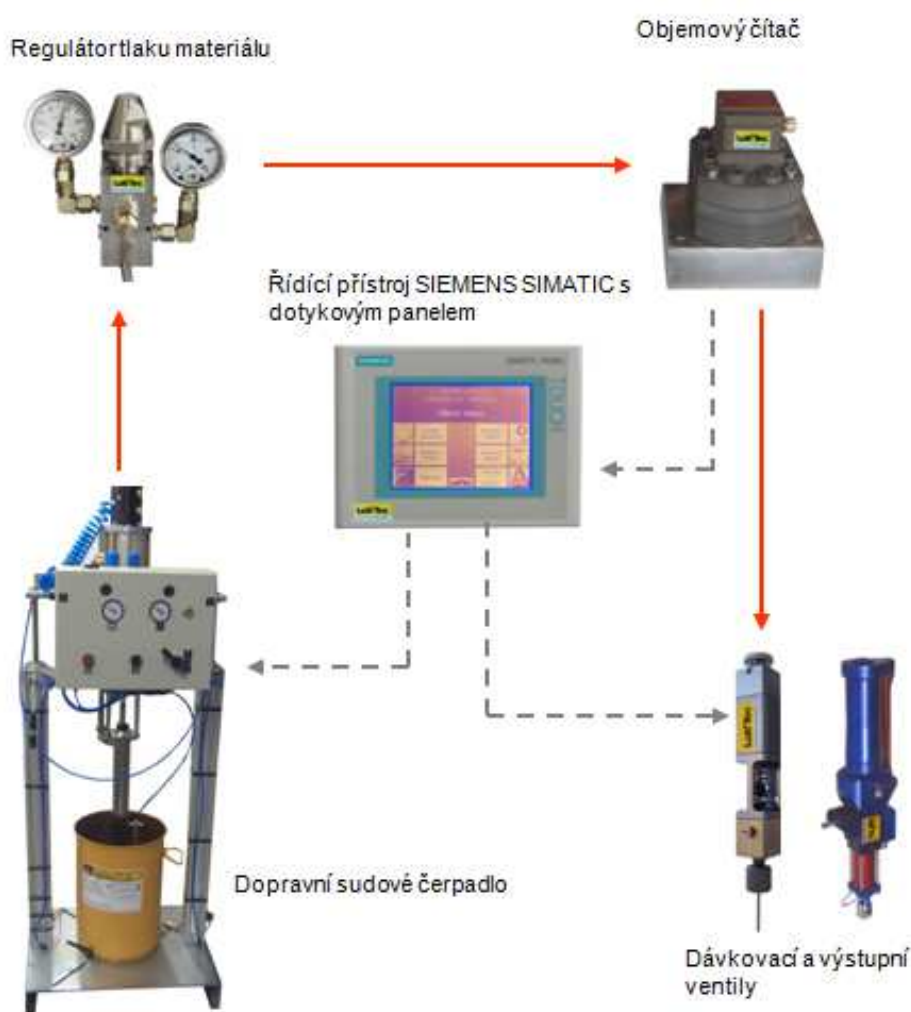
Tab. č. 2 Mechanické vlastnosti použitého maziva. [12]

5.7.2 Technologie mazání

Mazivo se aplikuje na krytku v přesně daných mazacích bodech, jak je popsáno v kapitole 2.3. Tyto body vycházejí z montážních výkresů krytek uvedených v přílohách číslo 01 a 02.

Pro mazání je použita technologie firmy LubTec. Mazací soustava sestává z dopravního sudového čerpadla, regulátoru tlaku, objemového čítače a dávkovacího ventilu. Celá soustava je ovládána řídicí jednotkou. Schematická funkce mazací soustavy je naznačena na obrázku č. 31. [01]

Jsou zvoleny takové prvky mazací soustavy, které umožňují práci v automatickém režimu. Proces mazání je ovládán řídicím systémem celého pracoviště, tím je Siemens Simatic S7 300. Pro aplikaci maziva je třeba komunikace řídicího systému PLC a řídicího systému robotu. Tato zařízení si mezi sebou vyměňují informace o poloze efektoru a o průběhu mazání.



Obr. č. 31 Mazací soustava. [01]

5.7.3 Dopravní sudové čerpadlo

Dopravní čerpadlo, zobrazené na obrázku č. 32, čerpá mazivo přímo z originálního zásobníku a vytváří potřebný tlak pro průchod maziva systémem. Čerpadlo je poháněno pneumaticky a pracuje na principu dvojité působícího pístu. Tato konstrukce umožňuje dopravovat materiál o viskozitě až do 1 kPa·s. [01]

Dvě zdvihací pístnice umístěné na stranách zařízení vyvíjejí nezbytný tlak na membránu, která tlačí dopravovaný materiál k pístu čerpadla. Umožňují také pohyb čerpadla při výměně zásobníku. [01]

Čerpadlo pracuje s převodovým poměrem 25 : 1, což je poměr mezi tlakem dopravovaného materiálu a vstupním tlakem vzduchu. Při tlaku vzduchu 0,6 MPa na vstupu, odpovídá výstupní tlak maziva hodnotě 15 MPa. Mazivo je dopravováno rychlostí $1296 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, což zcela dostačuje pro mazání krytky v cyklu 10 s. [01]

Pro automatizovaný provoz je čerpadlo vybaveno kontrolou minimálního množství materiálu v zásobníku. Tuto informaci předává do řídicího systému, který tuto situaci hlásí obsluze. [01]

Čerpadlo bude stát samostatně v blízkosti výrobního pracoviště. K čerpadlu musí být umožněn přístup tak, aby bylo možné měnit nádobu s mazivem a nastavit pracovní tlak.

Zástavbový prostor čerpadla:

Základová deska: 680 x 495 mm

Výška: 1260 - 1950 mm v závislosti na zdvihu pístnice [01]



Obr. č. 32 Sudové dopravní čerpadlo LUB-80. [01]

5.7.4 Regulátor tlaku a objemový čítač

Regulátor tlaku slouží ke zredukování přírodního tlaku materiálu na požadovanou hodnotu pracovního tlaku, který je přiváděn do objemového čítače. V tomto případě je pracovní tlak nastavený na hodnotu 6 MPa, tuto hodnotu ještě kontroluje čidlo, které je umístěno na vstupní hadici před mazacím ventilem. [01]

Objemový čítač slouží pro měření objemu procházejícího materiálu. Tuto informaci předává řídicímu systému, který kromě jiného ovládá i výstupní ventil a dopravní čerpadlo. [01]

5.7.5 Dávkovací ventil

Dávkovací ventil slouží k dávkování přesně odměřeného množství maziva do konkrétního místa na povrchu součástí. K tomuto účelu je použit dávkovací ventil AXDV-C1 od firmy Abnox, viz obrázek č. 33, který umožňuje objemové dávkování. Dávkovací ventil je ovládán pneumaticky, pomocí 5/2 ventilu. [07]

Na dávkovacím ventilu jsou umístěny senzory pro sledování polohy pístu. Umožňují kontrolovat funkci zařízení a tím zvyšují pravděpodobnost, že bude díl správně namazán, to se odráží ve spolehlivosti a produktivitě pracoviště mazání. Elektronický snímač polohy je připojen do drážek tělesa dávkovacího ventilu. Zároveň je koncová pozice mazacího pístu signalizována LED kontrolkou. [07]

Tento ventil umožňuje přesné dávkování nepatrného množství maziva. Aplikace maziva je precizní, přesná a čistá při zachování vysoké opakovatelnosti. Dávkované množství je možné nastavovat kontinuálně pomocí šroubu. Dávkovací ventily Abnox jsou vybaveny těsněním s dlouhou životností i při vysokých provozních tlacích. Přípojné komponenty mohou být umístěny v drážkách ventilu, což umožňuje montáž v libovolné poloze. [07]



Obr. č. 33 Mazací ventil Abnox AXDV-C1. [07]

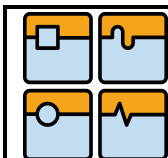
5.7.6 Kanyla

Na konci dávkovacího ventilu je umístěna dutá jehla, tzv. kanyla. Pro robotické mazání je použita celokovová kanyla od firmy Dopag č. 34. Celokovová kanyla má mnohem vyšší tuhost, než kanyla s plastovým koncem, kterou nabízí firma Abnox. Díky tomu je možné mazat s vyšší přesností. [07]

Pro spojení obou částí je nutné vyrobit matici, která by pevně dotáhla kanylu k mazacímu ventilu. Všechny prvky mazací soustavy, kromě řídicího systému jsou dodány firmou LubTec.



Obr. č. 34 Celokovová kanyla Dopag. [01]



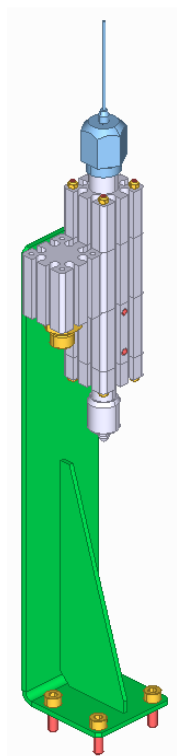
5.7.7 Provedení mazání na stroji

Mazací ventil je ve stroji umístěn ve svislé poloze a připevněn ke svařenci z plechu o tloušťce 1 mm, jak je vidět na obrázku č. 35. Výkres sestavy a rozpiska mazacího ventilu jsou uvedeny v přílohách číslo 13 a 14.

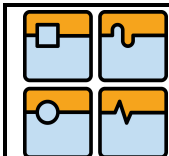
Svislé umístění mazacího ventilu minimalizuje přejezdové časy robotu, jelikož krytka robotu není během přesunu mezi jednotlivými operacemi přetáčena. Krytka je odebírána, mazána i paletována v pozici dnem vzhůru. Dopravní pás, jehla mazacího ventilu i horní hrana přepravky jsou umístěné ve stejné výšce a leží na jedné kružnici se středem v ose rotace první osy robota. Při přesunu mezi těmito body je dráha robotu nejrychlejší. Takovýmto způsobem jsou zkracovány přejezdové časy robotu na minimum.

Během mazání robot najede s uchopenou krytkou nad mazací ventil tak, aby byl mazací bod přibližně 2 mm nad ústím kanyly mazacího ventilu. V této poloze předá signál řídicímu systému a ten spustí dávkování. Mazivo je tak doslova nastřeleno do požadovaného bodu. Pro ověření namazání bodu se kontroluje, zda byl proveden zdvih pístu mazacího ventilu. Tímto způsobem jsou namazány všechny mazané body dle výkresu vyráběné součásti.

Dávka maziva je pevně stanovena (5 mg) a je dávkována najednou - vystřelena. Díky tomu nezůstává v jehle mazacího ventilu mazivo a nedochází ani k žádným odkapům. Mazivo je velice viskózní a po „nastřelení“ na krytku na ní ulpí působením vnitřních sil v kapalině.



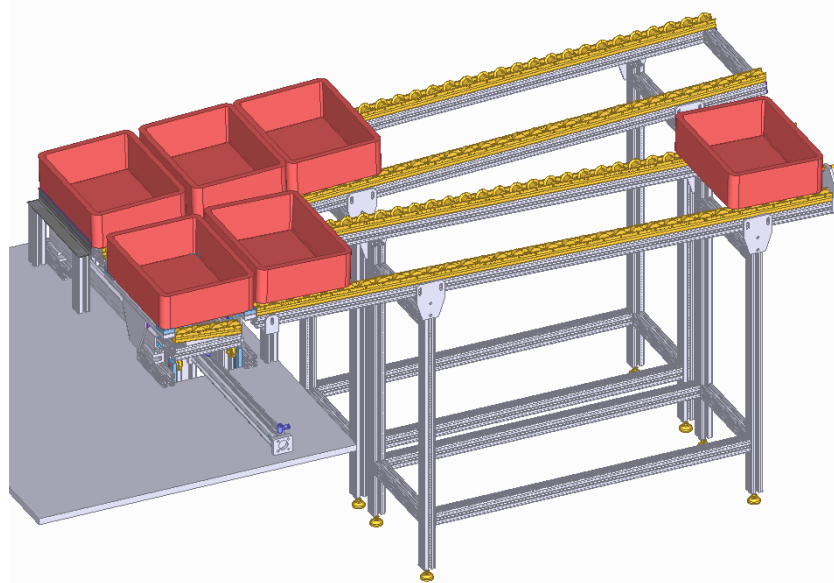
Obr. č. 35 Sestava mazacího ventilu.



5.8 Výměna přepravek

Skupina výměny přepravek je navržena podle již vyrobeného stroje a je dále upravena, dle zkušeností s původním použitím. Skupina je sestavena ze stavebnicového montážního systému Item. Skládá se ze vstupního a výstupního dopravníku a přesouvače přepravek.

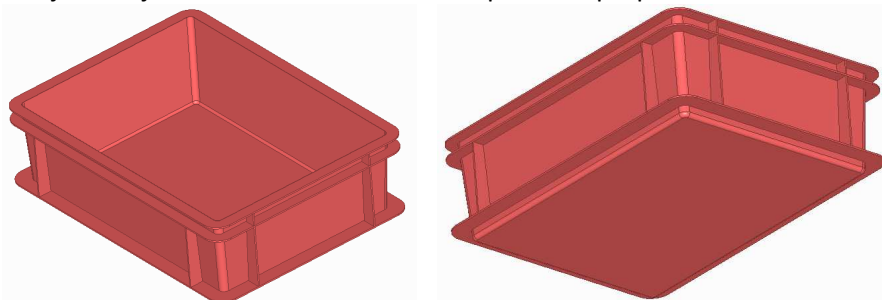
Skupina výměny přepravek je znázorněna na obrázku č. 36, výkres sestavy a rozpiska výměny přepravek jsou uvedeny v přílohách číslo 15 a 16.



Obr. č. 36 Zařízení pro výměnu přepravek.

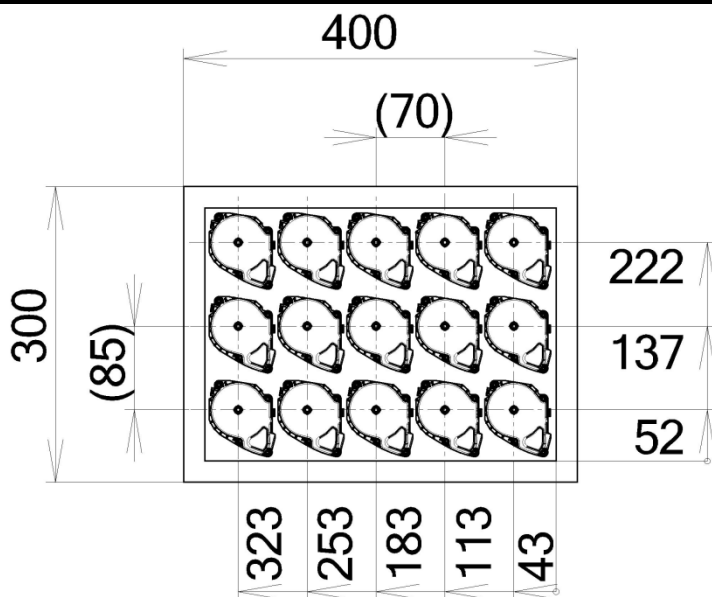
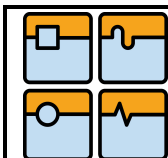
5.8.1 Přepravka

Dle přání zákazníka je použita pro uskladnění namazaných krytek přepravka B2 viz obrázek č. 37. Přepravka je vyrobená z plastu o vnějších rozměrech 300 x 400 x 120 mm, pro zvýšení tuhosti a zjednodušení manipulace je přepravka vyztužena žebrováním. Její vnitřní rozměry jsou 257 x 357 x 118 mm, směrem k vrcholu se přepravka rozšiřuje, její vnitřní objem činí 11,3 l. Je uzpůsobena pro stohování a na spodní straně má lem zajišťující polohu ve stohu. Tohoto lemu je využito při manipulaci a přepravka je za něj držena a ustavována v manipulátoru přepravek.



Obr. č. 37 Přepravka B2.

V základní pozici je přepravka fixována ve stavěcích kamenech. Robot ukládá namazané krytky do přepravky v matici 3 x 5, jak je znázorněno na obrázku č. 38. Po narovnání jedné vrstvy je vložen proklad a robot rovná další vrstvu ve stejné matici. Do přepravky jsou takto naskládány čtyři vrstvy krytek.

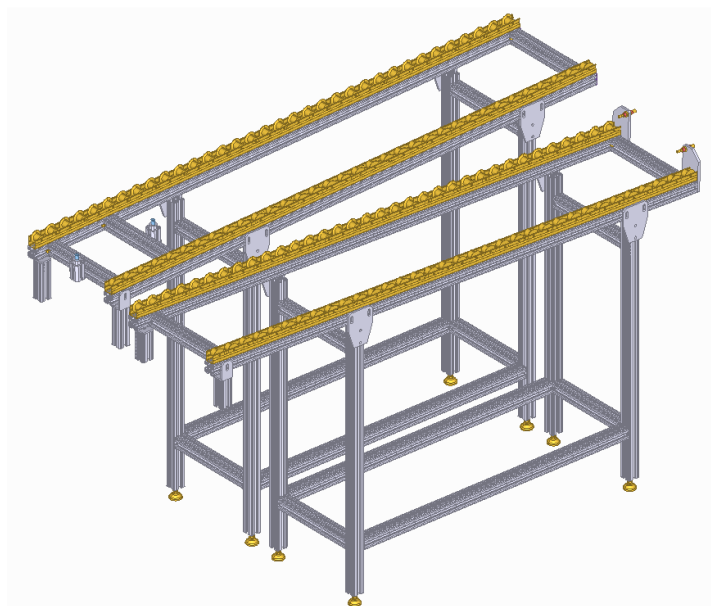


Obr. č. 38 Uspořádání krytek v přepravce.

5.8.2 Vstupní a výstupní dopravník

Oba dopravníky jsou umístěny vně robotického pracoviště. Jsou sestaveny z profilů 8 40x40 E stavebnicového montážního systému Item, jak je vidět na obrázku č. 39. Na tomto obrázku vlevo jsou dopravníky uzpůsobeny k připevnění na základní desku rámu pracoviště a také jsou spojeny s krytováním.

Dopravníky jsou ustaveny na stavěcích nohách 40 M8x60 Item, které umožňují výškové vyrovnání. Oba dopravníky fungují na principu gravitačního skluzu. Pro snížení tření jsou použity válečkové lišty s náolkem od firmy Alutec. Vstupní skluz je vybaven dvěma pneumatickými zarážkovými válci STA-20-15-P-A od firmy Festo, které zajišťují spodní dvě přepravky proti pohybu. Díky tomu netlačí další přepravky svojí vahou na přepravku v přesouvači a umožňují tak její snadnou manipulaci. Na konci dráhy výstupního dopravníku jsou umístěny tlumiče nárazu YSR-8-8-C od firmy Festo. Tyto tlumiče slouží k utlumení nárazu přepravky a díky nim nedochází ke sklepání narovnaných krytek k jedné straně. Kapacita každého stojanu je 6 přepravek.



Obr. č. 39 Vstupní a výstupní dopravník přepravek.

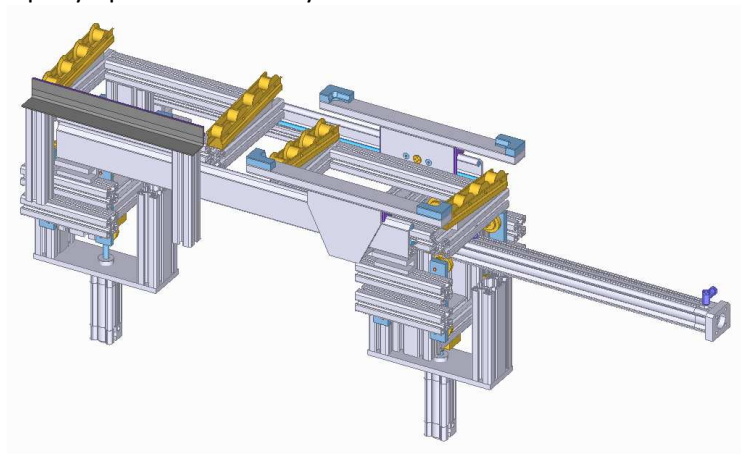
5.8.3 Přesouvač

Přesouvač je rozkreslen na obrázcích č. 40 a č. 41 a slouží k výměně plných přepravek za prázdné a k pevnému ustavení přepravy během manipulace. Skupina přesouvače je umístěna uvnitř robotického pracoviště a je připevněna na základní desku.

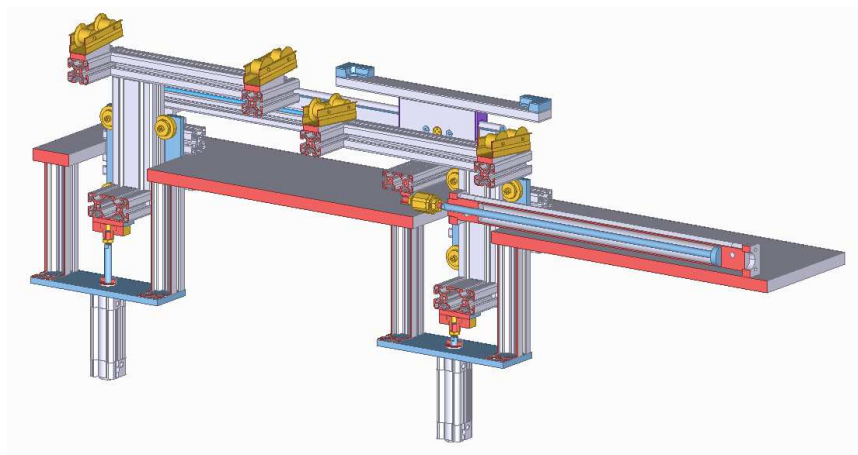
Stejně jako vstupní a výstupní dopravníky je i přesouvač sestaven z profilů Item 8 40x40 E a obsahuje stejné válečkové lišty s nákokem Alutec.

Dále je zde použito valivé vedení „C vedení 6“ od firmy Item, které umožňuje pohyb přesuvné šablony ve vodorovné ose. Pohyb v této ose zajišťuje pneumatický válec DNCB-32-460-PPV-A od firmy Festo, který je na obrázcích č. 40 a č. 41 umístěn vpravo. Přesuvná šablona je sestavena ze dvou pásů, na kterých jsou umístěny kameny pro ustavení přepravy, na obrázku č. 40 jsou vidět oba pásy. Tyto pásy jsou k sobě připojeny profilovou tyčí, na které je uchycena pístnice pneumatického válce, jak je znázorněno na obrázku č. 41.

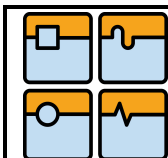
Dva pneumatické válce DNCB-32-50-PPV-A Festo, které jsou umístěny svisle a jsou pevně spojeny se základní deskou. Tyto válce slouží pro pohyb levého a pravého vyhazovače. Tyto vyhazovače jsou vedeny v drážce profilu za pomoci kladek „8“ od firmy Item. Na obrázku č. 41 je levý vyhazovač v horní poloze a pravý je zasunutý. Pneumatický válec je k vyhazovačům připojen excentricky proto, aby byl umožněn pohyb přesuvné šablony.



Obr. č. 40 Přesouvač přepravek.



Obr. č. 41 Řez přesouvačem přepravek.



DIPLOMOVÁ PRÁCE

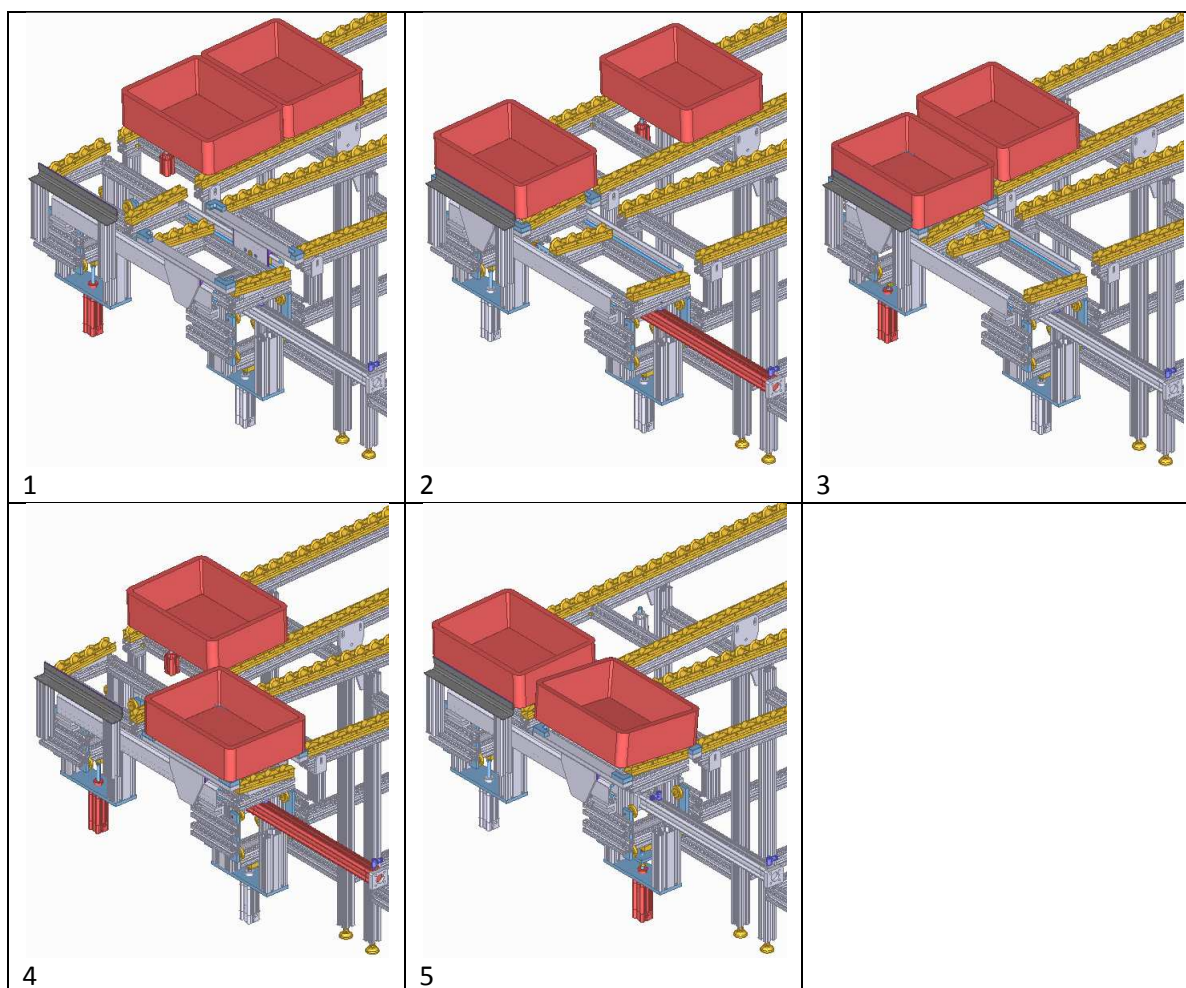
Způsob přesouvání přepravek ve stroji je ukázán na obrázku č. 42. Pozice 1 je základní poloha přesouvače. První zářezkový válec drží přepravku ve vstupním dopravníku. Levý svislý pneumatický válec je vysunut, válečkové lišty levého vyhazovače plynule navazují na válečkové lišty vstupního dopravníku. Pravý svislý válec je zasunut a šablona přesouvače je vpravo.

V prvním kroku je uvolněn první zářezkový válec a přepravka sjede na válečkovou lištu levého přesouvače, jak je vidět na obrázku č. 42, pozice 2. Druhý zářezkový válec zůstává zablokován. Zároveň přejede přesuvná šablona do levé pozice pod přepravku.

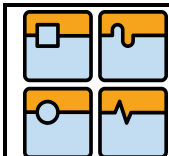
V dalším kroku se levý svislý pneumatický válec zasune. Díky tomu přepravka zapadne do kamenů přesuvné šablony, jak je vidět v pozici 3. Zároveň s tímto krokem se zasune druhý zářezkový válec, v pozici 2 označen červeně, a přepravky ve vstupním zásobníku popojedou o jednu pozici. První zářezkový válec je zde zablokován.

Na pozici číslo 4 je přepravka přesunuta doprava, do výchozí pozice. V této pozici probíhá paletizace. Během paletizace je levý svislý válec vysunut. Poté je první zářezkový válec uvolněn a přepravka sjede na válečkovou lištu levého přesouvače a zůstane tam připravena do další výměny.

Vysunutí plné přepravy je znázorněno na pozici číslo 5. Pravý svislý pneumatický válec je vysunut. Tím se přepravka nadzvedne ze šablony a působením gravitační síly sjede na výstupní dopravník. Poté se celý cyklus opakuje od pozice 2, jelikož je další přepravka již připravena na levém svislém pneumatickém válci.



Obr. č. 42 Přesouvání přepravy B2.

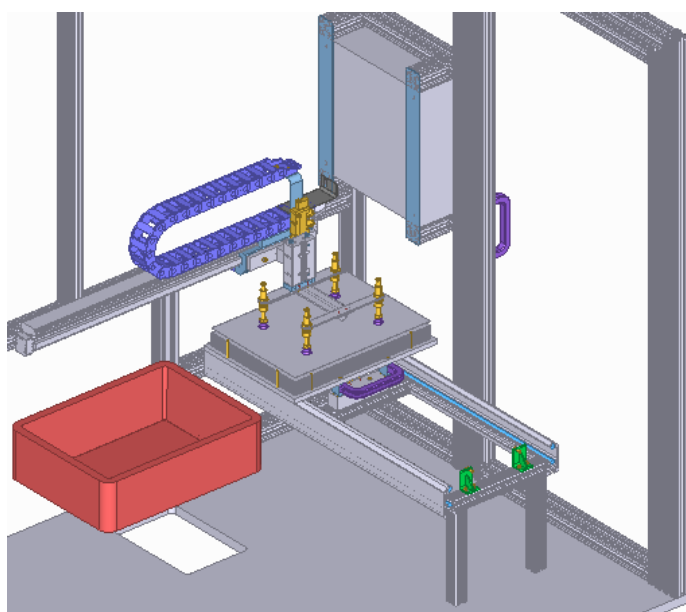


5.9 Manipulátor prokladů

Manipulátor prokladů, znázorněn na obrázku č. 43, přenáší proklady ze zásobníku prokladů do přepravky ustavené v základní pozici. Vždy je položen první proklad na dno, a další proklady jsou umisťovány po vyrovnání každého celého patra, kromě posledního. Horní patro zůstává nezakryté. Pro vyrovnání jedné přepravky se použijí čtyři proklady. Proklad je do přepravky shozen z výšky 5 mm pod hranou přepravky.

Sestava manipulátoru je upevněna na rámu robotického pracoviště. Výkres sestavy a rozpiska manipulátoru prokladů jsou uvedeny v přílohách číslo 17 a 18.

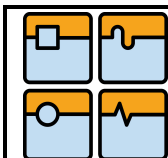
Manipulační pohyby v osách Z a Y konají dva pneumatické válce s vlastním vedením od firmy Festo. V třetím směru (X) je umožněn posuv zásobníku prokladů. Tento pohyb je pouze ruční a slouží k doplnění prokladů do zásobníku.



Obr. č. 43 Manipulátor prokladů v souvislosti s krytováním.

5.9.1 Proklad

Jako proklad se používá tvrzený papír (celulóza) o rozměrech 250 x 340 x 0,6 mm. V jedné dávce je 50 kusů prokladů, což odpovídá výšce 30 mm. Při počtu 4 prokladů na jednu vrstvu je možné na jednu dávku prokladů naplnit více než 12 přepravek.



5.9.2 Podtlakové prvky

Proklad je uchopen a přemístěn pomocí přísavek. Potřebný podtlak vytváří ejektor, který musí být umístěn co nejblíže k přísavce, aby byl objem odsátého vzduchu minimální.

Přísavky umožňují uchopení právě jedné desky prokladu. Je použita sestava přísavky ESG-20-SU-HCL-QS od firmy Festo, vykreslené na obrázku č. 44. Tato sestava obsahuje přísavku o průměru 20 mm a odpružený nástavec, který dovoluje propnutí až 30 mm. Díky tomu není nutné odměřovat výšku odebraných prokladů. Na proklad najíždí přísavka tak dlouho, dokud řídicí jednotka nedostane signál o uchopení prokladu. Následně se přepne přepouštěcí ventil a uchycený proklad je vyzvednut ze zásobníku. Výpočet síly potřebné k odtržení přísavky od prokladu je uveden v příloze číslo 21. [08]



Obr. č. 44 Sestava přísavky s pružným nástavcem ESG-20-SU-HCL-QS. [08]

Na konzole první osy je umístěn ejektor VN-10-L-T3-PQ2-VQ2-RO1-M od firmy Festo viz obrázek č. 45, který vytváří potřebný podtlak. Součástí tohoto ejektoru je i senzor dosažení podtlaku, který signalizuje, zda byl proklad opravdu uchopen. [08]



Obr. č. 45 Ejektor VN-10-L-T3-PQ2-VQ2-RO1-M. [08]

5.9.3 Pneumatické válce

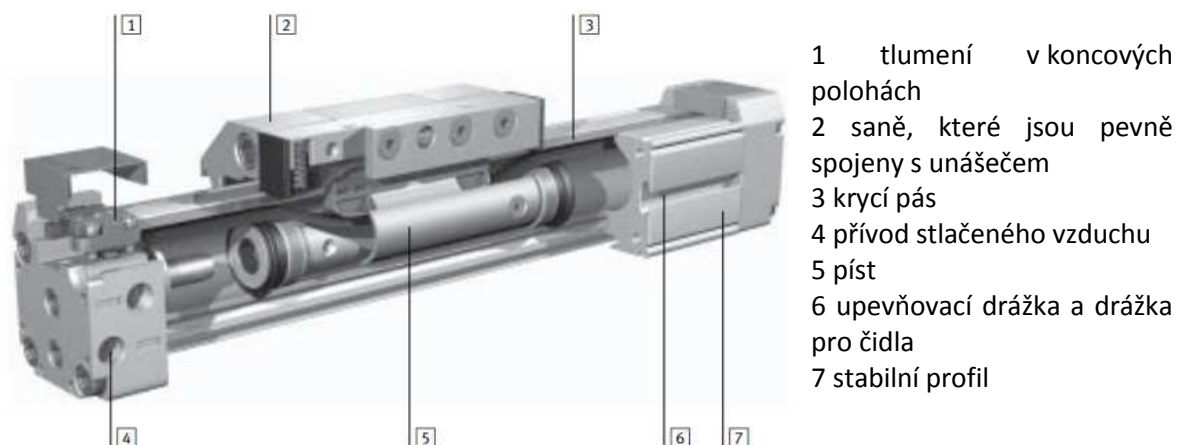
Manipulátor prokladů se pohybuje ve dvou osách, svislé ose Z a vodorovné ose Y. V obou osách jsou použity pro pohon pneumatické válce Festo s vlastním vedením. Oba válce dojíždí na koncové polohy, a jsou vybaveny tlumícími prvky dorazech těchto polohách. Pro tyto válce není použito odměřování polohy.

Pohyb ve svislé ose zajišťuje válec DFM-12-50-B-P-A-GF, znázorněn na obrázku č. 46. Tento válec má dvě vodící tyče, které jsou uloženy v kluzném vedení. Toto uspořádání zabraňuje rotaci pístnice válce kolem své osy a slouží jako vedení. Zdvih válce je 50 mm a na obou koncích jsou umístěny pružné tlumící kroužky. Průměr pístnice 12 mm je vypočten z předpokládaného zatížení na konci pístnice, výpočet je uveden v příloze číslo 21. [08]

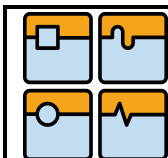


Obr. č. 46 Pneumatický válec řady DFM. [08]

Ve vodorovné ose je umístěn bezpístnicový pneumatický válec DGPL-18-460-PPV-A-B-KF-GV-SH s vlastním vedením. Tento válec integruje lineární valivé vedení a pneumatický válec do jednoho konstrukčního celku, jak ukazuje obrázek č. 47. Toto uspořádání je méně náročné na zástavbový prostor, než použití klasického válce s pístnicí. Zdvih válce 460 mm je zvolen dle požadovaného pohybu, přenesení prokladu ze zásobníku do přepravky. Průměr pístu opět vychází z výpočtu, ten je uveden v příloze číslo 21. Válec je na obou koncích vybaven pneumatickým tlumením. [08]



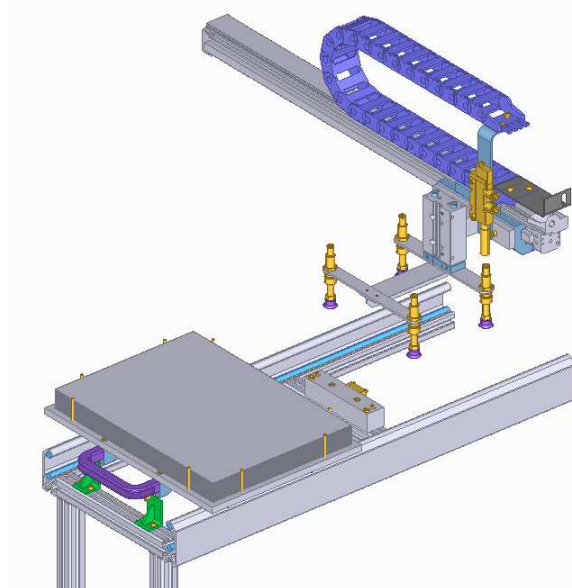
Obr. č. 47 Řez přímočarým pohonem DGPL. [08]



5.9.4 Doplnění prokladů do zásobníku

Zásobník prokladů je umístěn na posuvném valivém vedení „C vedení 6“ Item. Posuv po tomto vedení je pouze ruční, a to zatáhnutím za madlo. Na obrázku č. 48 je zásobník prokladů v doplňovací pozici. V základní pozici není možné proklady doplňovat, jelikož je nad nimi manipulátor prokladů, a také krytování neumožňuje přístup do základní odebírací polohy. Proto je třeba zásobník prokladů vysunout do doplňovací pozice, která je zobrazena na obrázku č. 48.

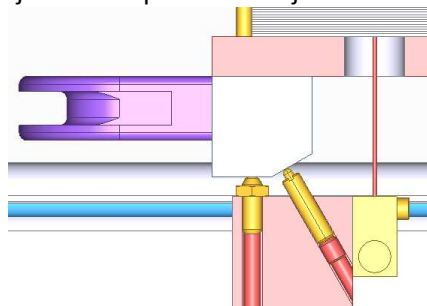
V místě doplňovací pozice je umístěn pouze odpružený doraz bez zajištění polohy. Jako doraz jsou použity dva odpružené čípky 2206.005 Halder, které jsou upevněny na svařovaných patkách, v obrázku č. 48 jsou zobrazeny zeleně. [03]



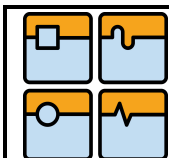
Obr. č. 48 Poloha pro doplnění prokladů

Zajištění v základní pozici je řešeno čepem s kuličkou 2203.005, od firmy Halder, na obrázku č. 49 je umístěn svisle ve střední kostce a zajištěn maticí. Vedle tohoto čepu je pod úhlem 30° umístěn čep s odpruženým čípkem 2206.005 od firmy Halder, který slouží jako tlumič dorazu a zamezuje přejetí základní pozice. Tento čep je proti povolení zajištěn stavěcím šroubem s plochou hlavou, který je našroubován za ním, v závitovém otvoru. [03]

Přítomnost prokladů je kontrolována difuzním optickým snímačem BOS 6K-PU-10C-C-02 od firmy Balluff, umístěným na střední kostce, na obrázku č. 49 je zobrazen vpravo žlutou barvou. Umístění senzoru přímo na zásobník prokladů by nebylo vhodné, jelikož se zásobník pohybuje. Tento snímač umožňuje spínat do vzdálenosti 300 mm a spínací vzdálenost je plynule nastavitelná. Výstup je spínací a připojuje se na napětí 24 V stejnosměrného proudu. [10]



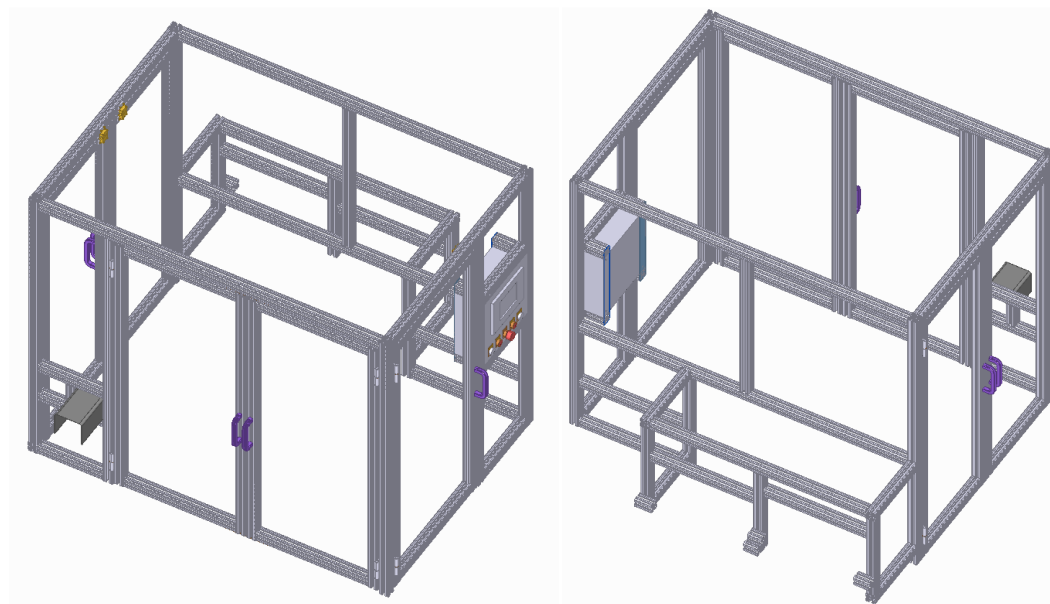
Obr. č. 49 Detail Senzoru prokladů a dorazu v základní poloze.



5.10 Krytování

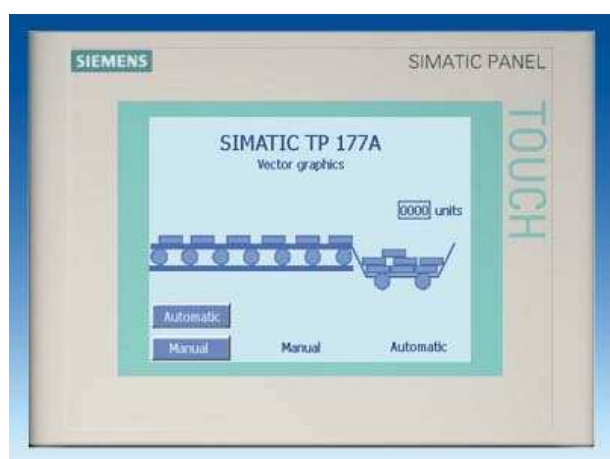
Celá buňka je po obvodu ohraničena bezpečnostním vlnitým pletivem R3 20x20 Item zasazeným v hliníkovém stavebnicovém systému Item 40 x 40 E. Na obrázku č. 50 je možné vidět tvar a způsob ohraničení robotického pracoviště. Bezpečnostní pletivo zde pro zjednodušení není vyobrazeno, ale je ve všech otvorech po obvodu. Tento hliníkový rám je usazen na základní desce, která je součástí nosného rámu, popsáném v kapitole 5.1. Pracoviště není nijak zastřešeno a shora je prázdný otvor.

Výkres sestavy a rozpiska krytování jsou uvedeny v přílohách číslo 19 a 20.



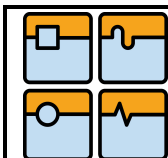
Obr. č. 50 Krytování pracoviště.

V přední části je umístěn ovládací panel. Na tomto panelu je umístěno několik tlačítek, včetně STOP tlačítka a dotyková obrazovka SIMATIC TP 177A od firmy Siemens, tato obrazovka je zobrazena na obrázku č. 51.

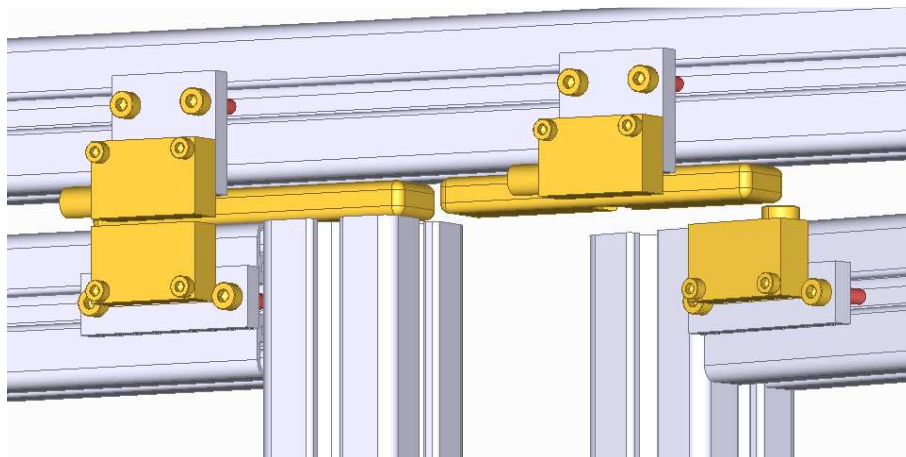


Obr. č. 51 Dotykový panel SIMATIC TP 177A. [09]

V místě, kde do robotické buňky vstupují krytky z vibračního dopravníku, je umístěn kryt z nerezového plechu. Tento kryt ze tří stran obepíná výstup vibračního dopravníku, a tak zamezuje přístup do pohyblivých částí stroje. Z druhé strany, kde jsou ke stroji připevněny vstupní a výstupní dopravníky palet, je rozšířeno krytování stroje. Nad těmito dopravníky je krytování vytaženo o 300 mm a obepíná dopravník opět ze tří stran. Tímto opatřením je zamezeno prostrčení ruky mezi pohyblivé části stroje.



Po obvodu je několik dveří, které jsou také vyplněny bezpečnostním pletivem. Všechny tyto dveře jsou vybaveny madly, západkami a snímači uzavření, jak je znázorněno na obrázku č. 52. Západky jsou opět součástí konstrukčního systému Item. Pro kontrolu uzavření dveří jsou použity magnetické snímače PSEN 2.1p-10/PSEN2.1-10/3mm od firmy Pilz. Tyto spínače snímají na vzdálenost 3 mm a jsou napájeny stejnosměrným napětím 24 V.



Obr. č. 52 Západky a senzory uzavření dveří.

5.11 Řídicí systém robotické buňky

Hlavním nadřazeným řídicím systémem je programovatelný logický automat (PLC) Siemens Simatic S7-300. Tento systém je určen pro řízení automatizačních úloh středního rozsahu. Je navržen jako modulární a poskytuje univerzální automatizační platformu pro systémová řešení, umožňuje řízení pohyblivých částí a bezpečnostních prvků pracoviště. Je vybaven výkonným procesorem a rozhraním Ethernet/profinet, integruje v sobě řadu technologických funkcí a dokáže řešit havarijní stavy. [09]

Tento systém ovládá rychlost podávání vibračních dopravníků, spouští pásový dopravník, řídí mazací soustavu a řídí pohyby manipulátoru prokladů a výměny přepravek. Řídicí systém je připojen k dotykovému panelu Siemens SIMATIC TP 177A, který je na obrázku č. 51. Tento panel je jednak informativní, jednak ovládací.

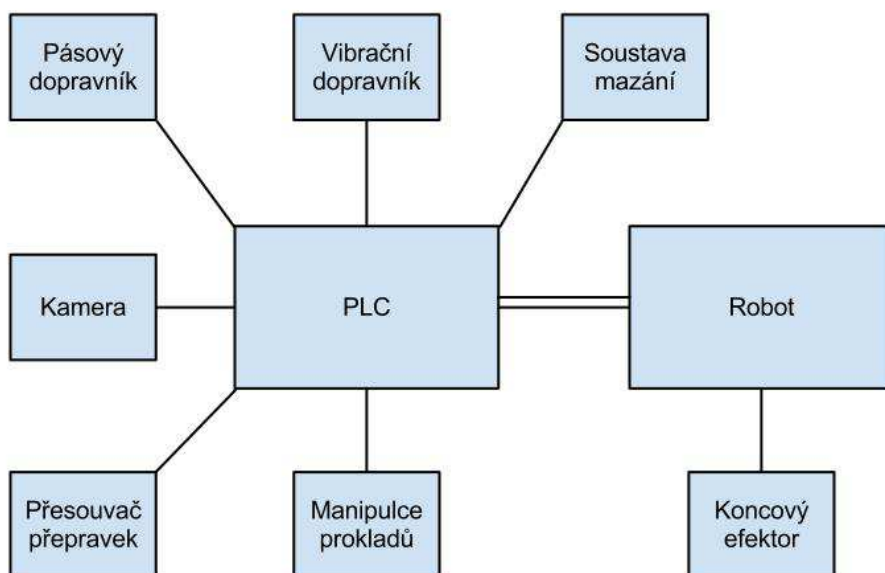


Obr. č. 53 PLC Siemens Simatic S7-300. [09]

Řídicí systém robota je podřízen hlavnímu řídicímu systému, kterým je PLC. Z hlavního systému získává robot všechny potřebné informace. Pro řízení robota jsou důležité především informace o pozici a natočení krytky, zda byla krytka uchopena a zda bylo provedeno namazání bodu.

Robot naopak posílá do PLC požadavek na spuštění mazacího ventilu a informuje nadřazený řídicí systém o dokončení pracovních cyklů a paletizace.

Na obrázku č. 54 je schématicky naznačen způsob řízení celého pracoviště. Většina periférií celého robotického pracoviště je řízena pomocí nadřazeného systému, kterým je PLC. Jak je patrné z obrázku č. 54, robot řídí pouze koncový efektor. Informace ze senzorů jednotlivých skupin jsou vedeny do PLC a odtud poskytovány řídicímu systému robota, pokud je potřebuje. Oba řídicí systémy jsou spolu propojeny a pracují v těsné vazbě.



Obr. č. 54 Schéma řízení pracoviště.

6 Bezpečnost pracoviště

Celé pracoviště je navrženo s ohledem na bezpečnost práce. Jsou zde použity aktivní i pasivní prvky bezpečnosti. Zařízení odpovídá nařízením vlády ČR č. 17/2003 Sb., č. 176/2008 Sb. a č. 616/2006 Sb.

Základním bezpečnostním prvkem je krytování stroje, které je popsáno v kapitole 5.10. Na všech vstupních dveřích jsou umístěny magnetické snímače polohy, které hlídají uzavření všech dveří. Stroj je vybaven hlavním vypínačem na elektrickém rozvaděči a nouzovým vypínačem, který je umístěn na ovládacím panelu.

Řídicí systém PLC je vybaven softwarovou ochranou proti vstupu nepovolané obsluhy. Obsluha má k dispozici pouze spouštění jednotlivých pracovních programů. Seřizovací a jiné servisní práce může provádět pouze servisní technik.

Všechny vyráběné i nakupované součásti, především v místech, kam má obsluha přístup, mají sražené hrany, aby nemohlo dojít k poranění při kontaktu s nimi.

7 Ekonomické zhodnocení

7.1 Výrobní čas stroje

Podle již vyrobeného podobného robotického pracoviště pro mazání komponent s obsluhou, dle konceptu popsaného v kapitole 3.1.1, jsem byly odměřeny časy v tabulce č. 3. Rychlost vibračního zásobníku je, podle návrhu firmy Libor Kříž, 10 ks/min. Z toho vyplývá, že zásobník dokáže každých 6 s dodat jednu krytku.

Cyklus vibračního zásobníku	[s]	6	Práce robotu Úzké místo Čas cyklu 6s			
Čtení kamerou	[s]	1				
Doprava krytky do místa odebírání	[s]	1,5				
Uchopení	[s]	1				
Přejezd nad mazací místo	[s]	0,5	Operace probíhají v překryvných časech.			
Čas mazání jednoho bodu	[s]	0,5				
Čas paletizace	[s]	3				
Návrat do základní pozice	[s]	1				
Počet krytek v jedné vrstvě	[ks]	15				
Počet vrstev v přepravce	[ks]	4				
Počet krytek v přepravce	[ks]	60				
Čas výměny přepravky	[s]	5				
Čas přenesení kartonového prokladu	[s]	2,5				
Počet mazaných míst		1	2	3	4	
Čas výroby prvního kusu	[s]	14,5	15	15,5	16	
Cyklus	[s]	6	6,5	7	7,5	
Cyklus naplnění vrstvy	[min]	1,5	1,625	1,75	1,875	
Cyklus naplnění palety	[min]	6	6,5	7	7,5	
Čas záběhu	[s]	8,5				

Tab. č. 3 Výpočet času cyklu v závislosti na počtu mazaných míst.

Z tabulky č. 3 vyplývá, že nejrychlejší cyklus výroby je pro jeden mazaný bod a je to 6 s. Stejnou rychlostí dokáže vibrační zásobník dodávat krytky. Úzká místa výroby jsou tedy vibrační zásobník a průmyslový robot. Ostatní výrobní časy jsou kratší a nemají vliv na rychlost cyklu, protože tyto činnosti probíhají v překryvných časech práce robotu.

Nejdelší výrobní čas, pro čtyři mazané body je 7,5 s, což je dostačující, jelikož požadavek zákazníka na pracovní cyklus je 10 s.

7.2 Náklady na pracoviště

Náklady na výrobní pracoviště byly odhadnuty dle kalkulací již vyrobeného stroje a dle zkušeností pracovníků firmy SKM Litomyšl. Kalkulace nákladů je zobrazena v tabulce č. 4, a je rozdělena do tří skupin. V první je sečtena cena práce, druhá skupina vyjadřuje cenu materiálu a ve třetí skupině jsou uvedeny prvky, které nakupuje zákazník. V tabulce je také vyjádřen procentuální podíl jednotlivých položek na celkové ceně pracoviště.

Popis nákladu	Cena	Vyjádření nákladů v [%]
Návrh a výroba		
Konstrukce	280 000 Kč	10,2%
Výroba	290 000 Kč	10,5%
Montáž	125 000 Kč	4,5%
Součet	695 000 Kč	25,2%
Nakupované díly		
Vibrační dopravníky	100 000 Kč	3,6%
Kamera IVC 2D + SW	200 000 Kč	7,3%
Pásový dopravník	30 000 Kč	1,1%
Elektrické a elektronické prvky	250 000 Kč	9,1%
Pneumatické prvky	165 000 Kč	6,0%
Montážní stavebnicový systém	226 000 Kč	8,2%
Ostatní nakupovaný materiál	30 000 Kč	1,1%
Součet	1 001 000 Kč	36,3%
Nakupuje zákazník		
Robot	750 000 Kč	27,2%
Vysokotlaké sudové čerpadlo	250 000 Kč	9,1%
Ostatní prvky mazací soustavy	60 000 Kč	2,2%
Součet	1 060 000 Kč	38,5%
Celkové náklady na pracoviště	2 756 000 Kč	100,0%

Tab. č. 4 Celkové náklady na robotické pracoviště.

7.3 Návratnost investice

Pro výpočet návratnosti investice jsou použity dříve vypočtené hodnoty, jako jsou investiční náklady nebo cyklus výroby. Protože nejvíce krytek má právě dvě mazací místa, výpočet návratnosti je vztažen právě k tomuto kusu.

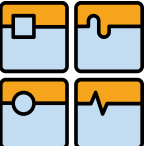
Roční náklady na pracoviště jsou odhadnuty z nákladů na zaměstnance. Jejich počet se snížil ze sedmi na jednoho. Náklady na provoz a údržbu pracoviště odhaduji jako 5% investičních nákladů.

Veličina	Symbol a vzorec	Hodnota	Jednotka
Současný objem výroby	q_1	1 500 000	krytek/rok
Současné roční náklady na pracoviště	N_1	1 800 000	kč/rok
Investiční náklady	I_s	2 756 000	kč
Cyklus výroby pro 2 mazaná místa	C_2	6,5	s
Počet krytek za den (24hod)	$q_d = \frac{24h \cdot 3600}{C_2}$	13 292	krytek/den
Počet krytek za rok (282 dní)	$q_2 = 282 \cdot q_d$	3 748 431	krytek/rok
Náklady na obsluhu pracoviště	N_o	300 000	kč/rok
Náklady na provoz a údržbu	$N_p = 0,05 \cdot I_s$	138 300	kč/rok
Provozní náklady nového pracoviště	N_2	438 300	kč/rok
Nárůst produktivity	$k = \frac{q_2}{q_1}$	2,50	-
Úspora ročních nákladů na pracoviště	$N = N_1 - N_2$	1 361 700	kč/rok
Doba návratnosti investice	$t_n = \frac{k}{k \cdot N}$	0,81	let
		9,8	měsíců

Tab. č. 5 Výpočet návratnosti investice.

Návratnost investice, jejíž výpočet je znázorněn v tabulce č. 5, je necelých 10 měsíců. Pro investice v automobilovém průmyslu se běžně počítá s návratností do jednoho roku, což tato investice splňuje. Vzhledem k vysoké ceně pracoviště, která je způsobena konstrukční složitostí, je tato návratnost poměrně nízká a značí o značné úspoře v nákladech na výrobu.

Návratnost investice je počítána z požadavků zákazníka na třísměnný provoz o 282 pracovních dnech v roce. Dále je zde předpoklad výroby pouze jednoho druhu krytky. V závislosti na skutečné vytíženosti pracoviště se může doba návratnosti změnit.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 44
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

8 Závěr

Tato diplomová práce byla zadána na základě požadavků reálné firmy na robotizované pracoviště pro mazání krytek navijáku bezpečnostního pásu. Souběžně vznikaly dvě varianty pracoviště, jednak robotické pracoviště s obsluhou, které bylo vyrobeno a studie automatického robotického pracoviště, která je popsána v této diplomové práci.

Pro návrh automatického pracoviště bylo navrženo několik koncepcí, z nichž byla zvolena koncepce robotického pracoviště s pevným mazacím ventilem a krytkou uchopenou robotem. Navržené řešení je plně automatické a schopné rychle přejít na výrobu jiného druhu krytky. Toto řešení může vypadat technicky složitě, ale zpracovávané krytky mají velice složitý tvar a stroj musí zpracovat 14 variant těchto krytek. Tyto varianty mají pouze pár společných ploch, za které je možné je uchopit. Vzhledem k různorodosti tvarů, především obrysů a žebrování, není možné krytky orientovat gravitačně, protože tato orientace by stále nebyla jednoznačná. Během návrhu byla zohledněna i možnost rozšíření výroby na další varianty krytek.

Jednotlivé konstrukční celky pracoviště jsou detailně rozkresleny a popsány ve vlastní práci, v přílohách jsou uvedeny výkresy sestav jednotlivých konstrukčních skupin. V příloze číslo 21 jsou uvedeny výpočty pneumatických prvků manipulátoru prokladů. Ostatní výpočty, které byly provedeny, jsou uvedeny přímo v práci.

Rozměry celého pracoviště, včetně vstupních a výstupních prvků jsou 3810 x 1550 x 2090 mm (délka x šířka x výška). Samotná robotická buňka, která je celá zakrytovaná, má rozměry 1470 x 1030 x 2090 mm (délka x šířka x výška). Celé pracoviště je možné obsluhovat z jedné strany. V prostřední části pracoviště je umístěn ovládací panel, který slouží jak k ovládání pracoviště, tak i k informování obsluhy o stavu pracoviště. Vedle ovládacího panelu jsou dveře, které umožňují vstup do robotického pracoviště a doplnění zásobníku prokladů. Vlevo od obsluhy je umístěn vibrační zásobník, do kterého se sype vstupní materiál, plastové krytky. Vpravo od obsluhy se nachází vstupní a výstupní dopravník přepravek. Obsluha do něho zakládá prázdné přepravky a odebírá plné, ve kterých jsou uloženy namazané krytky. Po obvodu pracoviště jsou celkem 3 servisní dveře, které slouží především k nastavování seřizování a údržbě jednotlivých prvků pracoviště.

Dále je v blízkosti robotické buňky umístěno vysokotlaké sudové čerpadlo, které zásobuje buňku mazivem. Pozici tohoto zařízení si volí zákazník vzhledem k zástavbovému prostoru. Umístění vysokotlakého čerpadla není pro návrh příliš podstatné, jelikož se připojuje k buňce pouze hadicí pro přívod vysokotlakého maziva a pneumatickými rozvody.

Důležitou částí práce je bezpečnost pracoviště, která odpovídá aktuálně platné legislativě a bezpečnostním normám. Celá pracovní oblast robota je zakrytována bezpečnostním pletivem uloženým ve stavebnicovém konstrukčním systému Item. V místech vstupu krytek a vstupu a výstupu přepravek je z bezpečnostních důvodů krytování prodloužené takovým způsobem, aby nebylo možné prostrčit ruku dovnitř robotického pracoviště mezi pohybující se části. Na všech vstupních dveřích jsou umístěny magnetické snímače polohy, které hlídají uzavření těchto dveří. Dále jsou zde použity softwarové bezpečnostní prvky, jakými jsou například zamezení pohybu robota v určitých úhlech, nebo blokování ovládacího panelu při neoprávněném použití.

Na závěr se zabývám ekonomickým zhodnocením výrobního pracoviště. Odhadovaná cena pracoviště, včetně investice, kterou učiní zákazník je 2 756 000 Kč. Pracoviště bude plně automatizované a nahradí práci 6 lidí. Místo nich bude pracoviště obsluhovat jeden člověk v intervalech jedné hodiny. Produktivita práce vzroste 2,5 krát.

Návratnost investice je počítána pro třísměnný provoz, 282 pracovních dní v roce, a výrobu krytky se dvěma mazanými body. Pro tento případ je návratnost investice spočítána na 10 měsíců. Zvolené hodnoty vycházejí z nejčastěji vyráběného kusu, ale v závislosti na skutečné vytíženosti pracoviště se může doba návratnosti změnit.

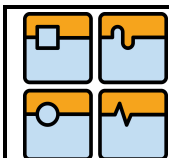
Zákazník plánuje rozšíření sortimentu výroby o další tvary a varianty krytek podobných tvarů, které zatím nebyly v návrhu zahrnuty. Pro přechod na tyto druhy výrobků nebude pravděpodobně nutné provádět žádné konstrukční úpravy. Rozšíření na další kusy je především softwarovou záležitostí.

9 Seznam obrázků

OBR. Č. 1 NAVIJÁK BEZPEČNOSTNÍHO PÁSU.	4
OBR. Č. 2 KRYTKY A JEJICH MAZACÍ MÍSTA.	5
OBR. Č. 3 KONCEPT PRACOVNÍHO MÍSTA S RUČNÍM ZAKLÁDÁNÍM KRYTEK.	7
OBR. Č. 4 KONCEPT PRACOVNÍHO MÍSTA S USTAVENÍM KRYTKY POMOCÍ ŠABLONY.	8
OBR. Č. 5 KONCEPT PRACOVNÍHO MÍSTA S USTAVENÍM KRYTKY V ČELISTECH.	9
OBR. Č. 6 KONCEPT USTAVENÍ KRYTKY V ČELISTECH A PALETIZACÍ MANIPULÁTOREM.	9
OBR. Č. 7 KONCEPT PRACOVNÍHO MÍSTA S POUŽITÍM PŘÍSAVKOVÉ DESKY.	10
OBR. Č. 8 KONCEPT PRACOVNÍHO MÍSTA S PEVNÝM MAZACÍM VENTILEM.	11
OBR. Č. 9 PRACOVNÍHO MÍSTA SE ZAJIŠTĚNÍM KRYTKY POMOCÍ PŘÍLNAVÉHO PÁSU.	11
OBR. Č. 10 3D POHLED NA NÁVRH PRACOVNÍHO MÍSTA.	13
OBR. Č. 11 NOSNÝ RÁM.	14
OBR. Č. 12 SESTAVA VIBRAČNÍHO DOPRAVNÍKU [06]	15
OBR. Č. 13 DĚLENÍ KRUHOVÝCH VIBRAČNÍCH ZÁSOBNÍKŮ DLE TVARU NÁDOBY [06]	16
OBR. Č. 14 DĚLENÍ KRUHOVÝCH VIBRAČNÍCH ZÁSOBNÍKŮ DLE VÝSTUPU [06]	16
OBR. Č. 15 KRYTKY NA VÝSTUPU Z VIBRAČNÍHO DOPRAVNÍKU.	16
OBR. Č. 16 PÁSOVÝ DOPRAVNÍK S KAMEROU SICK IVC 2D.	17
OBR. Č. 17 PVC PÁS - 2R7 - 8RF80 (F22-11) GUMEX. [02]	18
OBR. Č. 18 MOTORY S PŘEVODOVKOU BONFIGLIOLI ŘADY VF/W. [13]	18
OBR. Č. 19 KAMERA IVC-2D SE SVĚTELNÝM KRUHEM. [04]	19
OBR. Č. 20 GEOMETRICKÉ ZNÁZORNĚNÍ VELIKOSTI ZORNÉHO POLE. [04]	19
OBR. Č. 21 ZÁVISLOST VZDÁLENOSTI OBJEKTIVU NA VELIKOSTI ZORNÉHO POLE. [04]	20
OBR. Č. 22 SVĚTELNÝ KRUH ICL110 SICK. [04]	20
OBR. Č. 23 KONCOVÝ EFEKTOR.	21
OBR. Č. 24 PŘÍSAVKA ESS-10-SF. [08]	21
OBR. Č. 25 EJEKTOR VN-05-L-T2-PQ1-VQ1-RO1. [08]	22
OBR. Č. 26 PODTLAKOVÝ SENZOR SPT-1R-S4-B-2.5K. [08]	22
OBR. Č. 27 VELIKOST PRACOVNÍHO PROSTORU.	23
OBR. Č. 28 ROBOT STÄUBLI TX 60. [11]	23
OBR. Č. 29 PRACOVNÍ OBLAST ROBOTU STAUBLI V ROVINĚ X-Z. [11]	24
OBR. Č. 30 VÝŠKOVÉ UMÍSTĚNÍ ROBOTU, VZHLÉDEM K PŘEPRAVCE.	24
OBR. Č. 31 MAZACÍ SOUSTAVA. [01]	26
OBR. Č. 32 SUDOVÉ DOPRAVNÍ ČERPADLO LUB-80. [01]	27
OBR. Č. 33 MAZACÍ VENTIL ABNOX AXDV-C1. [07]	28
OBR. Č. 34 CELOKOVÁ KANYLA DOPAG. [01]	28
OBR. Č. 35 SESTAVA MAZACÍHO VENTILU.	29
OBR. Č. 36 ZAŘÍZENÍ PRO VÝMĚNU PŘEPRAVEK.	30
OBR. Č. 37 PŘEPRAVKA B2.	30
OBR. Č. 38 USPOŘÁDÁNÍ KRYTEK V PŘEPRAVCE.	31
OBR. Č. 39 VSTUPNÍ A VÝSTUPNÍ DOPRAVNÍK PŘEPRAVEK.	31
OBR. Č. 40 PŘESOUVAČ PŘEPRAVEK.	32
OBR. Č. 41 ŘEZ PŘESOUVAČEM PŘEPRAVEK.	32
OBR. Č. 42 PŘESOUVÁNÍ PŘEPRAVKY B2.	33
OBR. Č. 43 MANIPULÁTOR PROKLADŮ V SOUVISLOSTI S KRYTOVÁNÍM.	34
OBR. Č. 44 SESTAVA PŘÍSAVKY S PRUŽNÝM NÁSTAVCEM ESG-20-SU-HCL-QS. [08]	35
OBR. Č. 45 EJEKTOR VN-10-L-T3-PQ2-VQ2-RO1-M. [08]	35
OBR. Č. 46 PNEUMATICKÝ VÁLEC ŘADY DFM. [08]	36
OBR. Č. 47 ŘEZ PŘÍMOČARÝM POHONEM DGPL. [08]	36
OBR. Č. 48 POLOHA PRO DOPLNĚNÍ PROKLADŮ.	37
OBR. Č. 49 DETAIL SENZORU PROKLADŮ A DORAZU V ZÁKLADNÍ POLOZE.	37
OBR. Č. 50 KRYTOVÁNÍ PRACOVNÍHO MÍSTA.	38
OBR. Č. 51 DOTYKOVÝ PANEL SIMATIC TP 177A. [09]	38
OBR. Č. 52 ZÁPADKY A SENZORY UZAVŘENÍ DVEŘÍ.	39
OBR. Č. 53 PLC SIEMENS SIMATIC S7-300. [09]	39
OBR. Č. 54 SCHÉMA ŘÍZENÍ PRACOVNÍHO MÍSTA.	40

10 Seznam tabulek,

TAB. Č. 1 VÝBĚR VHODNÉ KONCEPCE PRACOVISTĚ.....	12
TAB. Č. 2 MECHANICKÉ VLASTNOSTI POUŽITÉHO MAZIVA. [12]	25
TAB. Č. 3 VÝPOČET ČASU CYKLU V ZÁVISLOSTI NA POČTU MAZANÝCH MÍST.....	41
TAB. Č. 4 CELKOVÉ NÁKLADY NA ROBOTICKÉ PRACOVISTĚ.....	42
TAB. Č. 5 VÝPOČET NÁVRATNOSTI INVESTICE.	43



11 Použitá literatura

- [01] Dávkovací technologie. *LubTec* [online]. 2008 [cit. 2012-02-15].
Dostupné z: <http://www.lubtec.cz/davkovaci-technologie-cz>
- [02] Dopravníkové pásy. *Gumex* [online]. 2009 [cit. 2012-02-15].
Dostupné z: <http://www.gumex.cz/dopravnikove-pasy/dopravnikove-pasy-pvc/>
- [03] HALDER. *Halder: Norm + technik* [online]. [cit. 2012-04-21].
Dostupné z: <http://www.halder.de/index.asp?s=cz>
- [04] IVC-2D UXGA Smart-Kamera. *Sick* [online]. [cit. 2012-01-27].
Dostupné z: http://www.sick.com/group/EN/home/products/product_news/vision/Pages/IVC_2DUXGA_smart_camera.aspx
- [05] Katalog produktů. *Alutec K&K* [online]. [cit. 2012-01-27].
Dostupné z: <http://www.aluteckk.cz/katalog/katalog.php>
- [06] LIBOR KŘÍŽ. *VIBRAČNÍ TECHNIKA LIBOR KŘÍŽ* [online]. [cit. 2012-01-10].
Dostupné z: <http://www.liborkriz.eu>
- [07] Metering Valve C-Serie. *Abnox* [online]. [cit. 2012-01-05].
Dostupné z: <http://www.abnox.com/htm/616/en/AXDV-C1.htm?Tab=Description>
- [08] Product catalog. *Festo* [online]. [cit. 2012-01-21].
Dostupné z: http://www.festo.com/pnf/cs_cz/products/catalog
- [09] SIMATIC S7-300. *Siemens.com* [online]. 2012-03-19 [cit. 2012-04-20].
Dostupné z: <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-300/Pages/Default.aspx>
- [10] Snímače a senzory pro automatizaci. *Balluff* [online]. 2011 [cit. 2012-02-15].
Dostupné z: <http://www.balluff.cz/>
- [11] *Staubli* [online]. [cit. 2012-02-22].
Dostupné z: <http://www.staubli.com/cz/>
- [12] UNISILKON GLK 112: Product information. [online]. 2, 22. června 2009 [cit. 2012-01-08].
Dostupné z: <http://www.klubersolutions.com/pdfs/Unisilkon%20GLK%20112.pdf>
- [13] VF-W series. *Bonfiglioli* [online]. 19. září 2011 [cit. 2012-02-16].
Dostupné z: <http://www.bonfiglioli.com/en/industrial/products/product?oid=1&cid=19>

11.1 Použité technické normy

- [14] ČSN 42 0002. *Číselné označování a rozdělení ocelí ke tváření*. Praha: ÚNMZ, 1.3.1978.
- [15] ČSN EN 1088+A2. *Bezpečnost strojních zařízení - Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty - Zásady pro konstrukci a volbu*. Praha: ÚNMZ, 1.12.2008.
- [16] ČSN EN 953+A1. *Bezpečnost strojních zařízení - Ochranné kryty - Všeobecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů*. Praha: ÚNMZ, 1.8.2009.
- [17] ČSN EN ISO 10218-2. *Roboty a robotická zařízení - Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů - Část 2: Systémy robotů a integrace*. Praha: ÚNMZ, 1.12.2011.
- [18] ČSN EN ISO 12100. *Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika*. Praha: ÚNMZ, 1.6.2011.
- [19] ČSN EN ISO 13849-1. *Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů - Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci*. Praha: ÚNMZ, 1.12.2008.
- [20] ČSN EN ISO 13855. *Bezpečnost strojních zařízení - Umístění ochranných zařízení s ohledem na rychlosti přiblížení částí lidského těla*. Praha: ÚNMZ, 1.10.2010.

12 Seznam příloh

	Číslo výkresu
01. KRYTKA 01	1 111 01
02. KRYTKA 02	1 111 02
03. PRACOVÍŠTĚ MAZÁNÍ	2 001 00 000
04. ROZPISKA PRACOVÍŠTĚ MAZÁNÍ	001 00
05. NOSNÝ RÁM	3 001 01 000
06. ROZPISKA NOSNÉHO RÁMU	001 01
07. VIBRAČNÍ ZÁSOBNÍK	3 001 02 000
08. ROZPISKA VIBRAČNÍHO ZÁSOBNÍKU	001 02
09. PÁSOVÝ DOPRAVNÍK	3 001 03 000
10. ROZPISKA PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU	001 03
11. KONCOVÝ EFEKTOR	3 001 05 000
12. ROZPISKA KONCOVÉHO EFEKTORU	001 05
13. MAZACÍ VENTIL	4 001 07 000
14. ROZPISKA MAZACÍHO VENTILU	001 07
15. VÝMĚNA PŘEPRAVEK	2 001 08 000
16. ROZPISKA VÝMĚNY PŘEPRAVEK	001 08
17. MANIPULÁTOR PROKLADŮ	3 001 09 000
18. ROZPISKA MANIPULÁTORU PROKLADŮ	001 09
19. KRYTOVÁNÍ	3 001 10 000
20. ROZPISKA KRYTOVÁNÍ	001 10
21. VÝPOČET MANIPULÁTORU PROKLADŮ	- - -